



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**ANÁLISIS TRÓFICO DEL LOBO FINO DE
GUADALUPE (*Arctocephalus philippii
townsendi*) DE ISLA GUADALUPE, BAJA
CALIFORNIA, MÉXICO.**

TESIS

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

PRESENTA

ARIADNA ERENDIRA JUÁREZ RUIZ

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2015



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 28 del mes de Octubre del 2015 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 titulada:

"ANÁLISIS TRÓFICO DEL LOBO FINO DE GUADALUPE (*Arctocephalus philippii townsendi*)

EN ISLA GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

JUÁREZ

RUIZ

ARIADNA ERÉNDIRA

Apellido paterno

materno

nombre(s)

Con registro:

A	1	4	0	5	4	7
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN
Director de Tesis

DR. SERGIO AGUÍNIGA GARCÍA
2º. Director de Tesis

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

DRA. CLAUDIA JANETL HERNÁNDEZ CAMACHO

DR. XCHEL GABRIEL MORENO SÁNCHEZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 9 del mes de Noviembre del año 2015

El (la) que suscribe ARIADNA ERÉNDIRA JUÁREZ RUIZ Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A140547 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN y DR. SERGIO AGUÍNIGA GARCÍA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"ANÁLISIS TRÓFICO DEL LOBO FINO DE GUADALUPE (*Arctocephalus philippii townsendi*)

EN ISLA GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ariadna_436@hotmail.com - elofe7@gmail.com - saguiniga@gmail.com

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


OCEAN. ARIADNA ERÉNDIRA JUÁREZ RUIZ

Nombre y firma del alumno

*Lo que sabemos es una gota de agua;
lo que ignoramos es el océano
-Isaac Newton*

*A mi madre quien nuevamente me ha
demostrado que no importa el tiempo ni la distancia,
siempre será la número uno en impulsar mis metas*

*A mi familia por su apoyo, en especial a mis abuelos,
y aún no llego pero ya es un paso adelante*

*A Alex mi compañero de vida, y que me
ha acompañado día a día como el mejor guía,
mostrándome que solo estamos en una etapa de este gran viaje.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera especial al Dr. Fernando Elorriaga por su apoyo como director de maestría. Pero principalmente por permitirme conocer un mundo diferente de los mamíferos marinos, por el trabajo en campo donde contagia de su asombro por los pinnípedos haciendo que el trabajo se vuelva siempre más interesante. Gracias Fer por que pese a las miles de ocupaciones siempre tuviste un espacio para resolver las múltiples dudas que surgieron en este trabajo.

Al Dr. Sergio Aguñiga por la co-dirección de este trabajo, gracias por el apoyo mostrado desde el trámite de ingreso hasta el inicio y término de esta maestría como consejero de estudios, así como por el aporte de conocimiento sobre isótopos estables que enriquecieron este trabajo.

Al Dr. Xchel Moreno por la asesoría en todo lo relacionado al análisis de excretas, por el tiempo invertido en la revisión de esta tesis, así como el espacio en laboratorio para el este análisis.

A la Dra. Claudia Hernandez y el Dr. Felipe Galván por su participación como parte del comité de tesis, y que gracias a sus observaciones y experiencia ayudaron a mejorar este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), y a la Beca de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) por los apoyos económicos, sin los cuales la culminación de este trabajo hubiera sido difícil.

A mis compañeros de maestría Ma. Jose, Erick, Ney, Ame, Marisol, Gema y Marc que hicieron de los días, tardes y noches de estudio un momento más agradable y llevadero.

A Cas y Mike por la compañía en Guadalupe y ayuda en la colecta de muestras.

A Mirtha por esos ratos de compañía en las comidas y posteriores visitas que rompen con la monotonía de diario con sus ocurrencias. Gracias por ser mi consejera, aunque ya después te pase la cuenta de tus terapias.

A Leo, Isa, Armando, Uli, Eli, Pepe y María por los ratos de diversión en la comuna y por la compañía en general que han hicieron de mis primeros días en la Paz un tiempo más grato.

A mi familia por apoyo que siempre me han mostrado, que aunque si bien es poco el tiempo en que pude estar ahí, se que siempre han estado para mí. A mi herma por recordarle a la sobri que tiene tía, aunque nunca se aparezca.

Nuevamente a Alex que desde el inicio siempre me motivo con mi trabajo por el asombro mostrado, así como el apoyo diario en toda actividad del día a día (junto con Darwin, por supuesto). Por mostrarme con su sencillez que hay mucho más de mí de lo que yo conocía. Gracias por todo!

A mi mamá por apoyarme en esta nueva etapa, que aunque nos mantuvo más separadas en distancia, cada día sentí más fuerte su apoyo para culminar mi maestría.

CONTENIDO

Lista de figuras.....	ix
Lista de tablas.....	x
Glosario	xi
Resumen	xv
Abstract.....	xvi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. Objetivo general	10
4.2. Objetivos particulares.....	10
5. ÁREA DE ESTUDIO	11
6. MÉTODO	13
6.1 Análisis de excretas.....	13
6.1.1. Estructura de la dieta.....	15
6.1.2. Tamaño de muestra.....	15
6.1.3. Espectro trófico.....	15
6.1.4. Amplitud del espectro trófico.....	16
6.1.5. Nivel trófico.....	18
6.2. Análisis de isótopos estables	19
6.2.1. Procesamiento de las muestras.....	20
6.2.2. Análisis de las muestras	21
6.2.3. Índices Ecológicos basados en razones isotópicas	21
6.2.3.1. Amplitud del nicho isotópico	22

6.2.3.2. Nivel Trófico	22
7. RESULTADOS.....	24
7.1. Análisis de excretas	24
7.1.1. Estructura de la dieta.....	24
7.1.2. Tamaño de la muestra.....	24
7.1.3. Espectro trófico.....	25
7.1.4. Amplitud del espectro trófico.....	27
7.1.5. Nivel trófico.....	29
7.2. Análisis de isótopos estables	30
7.2.1. Amplitud del nicho isotópico	31
7.2.2. Traslapo trófico.....	32
7.2.3. Nivel Trófico.....	33
8. DISCUSIÓN.....	34
8.1. Análisis de excretas	34
8.1.1 Estructura de la dieta	34
8.1.1. Tamaño de la muestra.....	36
8.1.2. Espectro trófico.....	37
8.1.3. Amplitud del espectro trófico.....	39
8.1.4. Nivel trófico.....	43
8.2. Análisis de isótopos estables	44
8.2.1. Amplitud del nicho Isotópico	46
8.2.2. Nivel trófico.....	48
8.3. Complementación de técnicas.....	48
9. CONCLUSIONES	50
10. BIBLIOGRAFÍA	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Área de estudio, Isla Guadalupe, Baja California, México	12
Figura 2.- Recolecta de excretas (Izq.) y almacenamiento (Der.)	14
Figura 3.- Características morfológicas de estructuras duras para la identificación de presas: pico de cefalópodo (izq.) y otolito de pez (der.)	14
Figura 4.- Diagrama explicativo del metodo de costello modificado por Amundsen <i>et al.</i> (1996).	18
Figura 5.- Corte de pelo en zona dorsal para el muestreo de isótopos estables.....	20
Figura 6. Composición de las excretas de lobo fino de Guadalupe durante el verano 2013.....	24
Figura 7. Curva de diversidad del lobo fino de Isla Guadalupe en verano 2013; H' = Diversidad de Shannon–Weaver; Máx = máxima diversidad, Min = mínima diversidad, CV = coeficiente de variación.....	25
Figura 8.- Abundancia específica contra la frecuencia de aparición de las especies presa divididos en grandes grupos del lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013. ...	27
Figura 9.- Abundancia Específica contra la frecuencia de aparición de las especies presa del lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe, verano 2013.	28
Figura 10.- Abundancia Específica contra la frecuencia de aparición de las especies presa del lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013. Período de Junio a Julio (arriba), período de Julio a agosto (abajo)	29
Figura 12.- Arreglo multidimensional de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en crías de lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013. Los grupos corresponden al ordenamiento jerárquico o clúster.	31
Figura 13.- Amplitud del nicho isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ (Análisis SIBER) del lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013.	32
Figura 14.- Amplitud y sobreposición del nicho isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ (Análisis SIBER) de los tres grupos creados mediante ordenación jerárquica o clúster del lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013.....	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición histórica de la dieta del lobo fino de Isla Guadalupe y presa principal	7
Tabla 2.- Presas que componen la dieta del lobo fino de Isla Guadalupe durante verano 2013. NT= Nivel Trófico, IIMP= Índice de Importancia de la Presa.....	26
Tabla 3. Captura de calamar gigante reportada por CONAPESCA en la carta nacional pesquera.	42
Tabla 4. Estudios de la dieta del lobo fino de Guadalupe que reportan el nivel trófico y presa principal del lobo fino de Guadalupe.	44

GLOSARIO

Batipelágico: Nivel del océano que corresponde a aguas y fondos marinos situados entre 1,000 y 4,000 m de profundidad, comprendida por debajo de la zona mesopelágica y por encima de la zona abisopelágica o abisal.

Cadena trófica: Proceso de transferencia de sustancias nutritivas a través de las diferentes especies de una comunidad biológica, en el que cada uno se alimenta del precedente y es alimento del siguiente.

Cefalópodo: Clase de moluscos marinos, generalmente sin caparazón o valva externa, que tienen la cabeza voluminosa y con una serie de tentáculos alrededor de la boca. A esta clase pertenecen pulpos, calamares, sepias y nautilus.

Conespecífico: Poblaciones, individuos o taxones pertenecientes a la misma especie.

Demersal: Adjetivo asignado a los organismos que se distribuyen en la columna de agua que está cerca del fondo del mar y del bentos.

Depredador tope: Depredador que se encuentra en el eslabón más alto de la cadena trófica y que no tiene depredadores naturales.

Dimorfismo sexual: Característica dentro de algunas especies que consiste en la presencia de diferencias fenotípicas inter-sexuales, especialmente al llegar a la adultez.

El Niño Oscilación del Sur (ENOS): Fenómeno oceanográfico en el que se presentan condiciones anómalas en la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico tropical del este, tomando como “anómalo” una elevación de 0.5 °C o más por encima de la media del periodo 1971-2000, durante un trimestre y debe permanecer al menos 5 trimestres con esas condiciones. Lo anterior se debe cumplir en la región Niño 3.4, una de las 4 regiones de monitoreo de TSM y que sirve como referencia principal para saber si se presentará un evento de El Niño, La Niña o Neutral (Organización Mundial Meteorológica, 2006).

Endémico: Adjetivo dado a una especie cuya distribución está limitada a un ámbito geográfico reducido y que no se encuentra de forma natural en ninguna otra parte del mundo.

Epipelágico: Nivel del que corresponde a aguas marinas situadas entre la superficie y los 200 metros de profundidad. Esta región se caracteriza por ser abundante la vida submarina ya que penetra la luz solar y gracias a dicha iluminación pueden realizar la fotosíntesis las plantas.

Erosión: Desgaste producido en la superficie de un cuerpo por el roce o frotamiento de otro.

Especialista: Especie que consume un limitado tipo de presas y que rara vez amplía su dieta (Gerking, 1994).

Fenotipo: Conjunto de caracteres visibles que un individuo presenta como resultado de la interacción entre su genotipo y el ambiente.

Fidelidad al sitio: Tendencia de un individuo a regresar o permanecer en su localidad natal u otra localidad adoptada para reproducirse o mudar a lo largo de su vida.

Fraccionamiento isotópico: Diferencia en la concentración de un isótopo estable que se presenta en un consumidor respecto a su presa, resultado de una discriminación metabólica hacia el isótopo pesado.

Generalista: Especie que no presenta preferencia altamente desarrollada por alguna fuente de alimento en particular (Gerking, 1994).

Hábitos alimentarios: Conducta de un organismo referente al consumo y búsqueda de alimentos.

Inter-específico: Interacción relacionada entre dos o más especies

Inter-individual: Interacción entre individuos de igual fenotipo.

Intra-específico: Interacción entre individuos de la misma especie o condiciones para una misma especie.

Isótopo: Átomo que pertenece al mismo elemento químico que otro cuyos núcleos tienen una cantidad diferente de neutrones, y por tanto difieren en masa atómica.

Isótopo estable: Isótopo que no tiende a desintegrarse con el tiempo y que debido a sus características atómicas suele ser excluido en los procesos de descomposición metabólica.

Macrofitas: constituyen formas macroscópicas de vegetación acuática. Comprenden las macroalgas, las pteridofitas (musgos, helechos) adaptadas a la vida acuática y las angiospermas.

Mictófidos: Grupo de peces de la familia Mictophyidae entre los que se encuentran los peces linterna entre otros.

Nicho ecológico: Función que desempeña un individuo dentro de un ecosistema, incluyendo todos los factores bióticos y abióticos con los que el organismo se relaciona.

Oportunista: Organismo que depreda de forma temporal sobre una fuente de alimento inusualmente abundante. También consume sobre otras fuentes de alimento cuando la actual presa es sobre explotada o sufre una disminución temporal (Gerking, 1994)

Otárido: Familia de mamíferos del orden pinnípedo, se caracteriza por poseer pabellón auricular y extremidades posteriores móviles. Incluye a los lobos marinos y lobos pelo fino.

Otolito: Estructura compuesta de cristales de carbonato de calcio en forma de aragonita y de una matriz orgánica constituida por una proteína llamada otolina que forma parte del oído interno de los peces.

Pelágico: Organismo marino que vive en la columna de agua fuera de la plataforma continental.

Pico de cefalópodo: Estructura de quitina correspondiente a la masa bucal de los cefalópodos, que dada sus características morfológicas se puede identificar hasta nivel de especie.

Pinnípedo: Superfamilia de mamíferos carnívoros del suborden Caniformia, presentan un cuerpo fusiforme y extremidades transformadas en aletas. A este grupo pertenecen las focas, lobos marinos y morsas.

Surgencia: Fenómeno oceanográfico que consiste en el movimiento vertical de las masas de agua, de niveles profundos hacia la superficie. Con este movimiento de acarrear nutrientes de aguas profundas hacia la superficie, los cuales son usados por el fitoplancton junto con el CO₂ y energía solar para realizar la fotosíntesis produciendo una alta producción primaria que induce la actividad de la cadena trófica.

Termoclina: Capa dentro de un cuerpo de agua donde la temperatura desciende bruscamente conforme la profundidad.

Teutófago: Organismo que se alimenta de cefalópodos.

δ: Expresión para denotar las diferencias relativas entre las razones de isótopos estables entre una muestra y un estándar. Se expresa en partes por mil (‰).

δ¹³C: Diferencia entre la razón de ¹³C/¹²C de una muestra con respecto a la del estándar PeeDee Belemnita.

δ¹⁵N: Diferencia entre la razón de ¹⁵N/¹⁴N de una muestra con respecto a la del estándar de nitrógeno atmosférico.

RESUMEN

Los estudios de los hábitos alimentarios permiten conocer cómo los cambios en el ambiente pueden modificar la relación depredador-presa y estimar su efecto en el crecimiento y distribución poblacional. El conocimiento sobre la dieta del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) (LFG), es escaso y está basado principalmente en análisis de excretas; esta técnica presenta sesgos debido a la degradación o retención de estructuras duras, por lo que es necesaria la aplicación de técnicas complementarias como el análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Por ello, durante el verano de 2013 se recolectaron 107 excretas de LFG en Isla Guadalupe, así como pelo de crías lactantes para inferir hábitos alimentarios de sus madres basándose en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. El análisis de excretas mostró doce ítems presa, principalmente cefalópodos (97%), destacando *Dosidicus gigas* (51.4%) y *Onychoteuthis* spp. (30.4%). Los peces registrados, representaron el 11% de la dieta, siendo los mictófidios el grupo más importante. Este estudio mostró por primera vez a *D. gigas* como presa principal y no a *Doryteuthis opalescens*. El diagrama de Costello evidenció diferente uso de recursos entre individuos, con cambios en la abundancia de la presa principal durante el período reproductivo, cuya densidad poblacional ha incrementado en la región. Los resultados del análisis de isótopos estables para el LFG mostraron un valor promedio de $-17.6 \pm 0.36\text{‰}$ para $\delta^{13}\text{C}$ y de $18.3 \pm 0.44\text{‰}$ para $\delta^{15}\text{N}$; estos valores son menores que los reportados previamente, quizá como efecto del gradiente latitudinal entre zonas de estudio. Mediante un análisis clúster se dividió el nicho isotópico en tres conjuntos, el grupo uno presentó los valores menores de $\delta^{13}\text{C}$ ($-17.8 \pm 0.21\text{‰}$) y $\delta^{15}\text{N}$ ($17.8 \pm 0.17\text{‰}$), para el grupo dos los valores fueron $-17.8 \pm 0.15\text{‰}$ $\delta^{13}\text{C}$ y $18.4 \pm 0.21\text{‰}$ $\delta^{15}\text{N}$ y $-17.1 \pm 0.21\text{‰}$ $\delta^{13}\text{C}$ y $18.7 \pm 0.34\text{‰}$ $\delta^{15}\text{N}$ para el grupo tres. La ordenación jerárquica del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, evidenció el uso de áreas de alimentación distintas, generando una repartición de nicho trófico dentro de esta colonia, que es importante monitorear a lo largo del tiempo.

ABSTRACT

Trophic ecology research is an important tool for understanding how the environment changes can impact prey-predator relationships as well as for estimating the effect on population growth and distribution. Knowledge of Guadalupe fur seals (*Arctocephalus philippii townsendi*) (GFS) diet is scarce and it is especially based on scat analysis, this technique presents several biases because of deterioration and retention of structures, thus, it is important that complementary analyses such as stable isotope analysis of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values. During 2013 summer a total of 107 scat samples were collected, also neonate fur in order to determine maternal foraging habits based on $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values. Eleven prey items were identified in the scat analysis, with GFS foraging mainly on cephalopods (97%), particularly *Dosidicus gigas* (51.37%) and *Onychoteuthis* sp. (30.38%), registered fishes, together account for 11% of the diet, being myctophids the largest group. This study showed for the first time *Dosidicus gigas* as the main prey of GFS and not *Doryteuthis opalescens*. The Costello graph Costello diagram showed alternating the use of resources within individuals, with changes in the abundance of the main prey during the reproductive period, whose population density has increased in the region. For GFS, the mean $\delta^{13}\text{C}$ value was $-17.6 \pm 0.36\text{‰}$, while the mean $\delta^{15}\text{N}$ was $18.3 \pm 0.44\text{‰}$, less than previous reported, maybe as effect of the latitudinal gradient between study areas. A cluster analysis revealed partitioning of the isotopic niche into three groups. The first group had the lowest $\delta^{13}\text{C}$ ($-17.8 \pm 0.21\text{‰}$) and $\delta^{15}\text{N}$ ($17.8 \pm 0.17\text{‰}$) values; the second group had mean values of $-17.8 \pm 0.15\text{‰}$ ($\delta^{13}\text{C}$) and $18.4 \pm 0.21\text{‰}$ ($\delta^{15}\text{N}$); and the third group registered values of $-17.1 \pm 0.21\text{‰}$ ($\delta^{13}\text{C}$) and $18.7 \pm 0.34\text{‰}$ ($\delta^{15}\text{N}$), respectively. The hierarchical analysis of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ reflected the use of different foraging areas and likely a variety of trophic positions, resulting in niche partitioning within the colony, it is important to continue studying.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los hábitos alimentarios es de gran importancia para conocer aspectos sobre el rol que juega cada organismo en la cadena trófica (Casper *et al.*, 2006), en específico los depredadores tope, ya que al encontrarse en el eslabón más alto, o cerca de él, se puede inferir a través de su dieta cómo es que responden de manera individual y/o poblacional a la variabilidad ecológica y ambiental (Bowen & Iverson, 2013).

En el caso particular de la dieta de los pinnípedos, ha sido utilizada para identificar la relación existente entre el depredador y la presa, la posible interacción con pesquerías debido al uso de recursos comerciales, y de forma general, para conocer la salud del medio en que habitan (Arim & Naya, 2003; Casper *et al.*, 2006), lo que en conjunto es de utilidad para la conservación de estas especies (Parrish *et al.*, 2002).

Dada la complejidad de observar la alimentación de los pinnípedos en vida libre, se ha recurrido a usar métodos indirectos para el estudio de la dieta. El método tradicionalmente utilizado es el de identificación de remantes de presas en excretas, que consiste en la recuperación de estructuras duras identificables tales como picos de cefalópodos y otolitos de peces (Casper *et al.*, 2006).

Este método asume que las estructuras duras contenidas en las excretas se encuentran en la misma proporción en que fueron consumidas durante la última alimentación (Tollit *et al.*, 1997). Sin embargo, no siempre se cumple esta suposición, ya que no todos los otolitos de las diferentes especies de peces presentan las mismas tasas de erosión y algunos llegan a ser tan frágiles que son degradados completamente durante el proceso metabólico, subestimando así el número de especies consumidas en la dieta (da Silva & D. Neilson, 1985; Tollit *et al.*, 1997).

Además, estructuras grandes, tales como picos de cefalópodos, llegan a acumularse y son eliminadas mediante regurgitaciones, por lo que no todos los picos de cefalópodos consumidos se excretan (Pierce & Boyle, 1991); otra limitante es que algunos depredadores evitan consumir la cabeza de sus presas, sobre todo cuando

estas son de gran tamaño, excluyendo la presencia de otolitos en las excretas (Lawson *et al.*, 1995).

Debido a la subestimación de presas, por la pérdida de estructuras duras, las razones de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ son una técnica alternativa o bien complementaria al análisis de excretas. La señal de $\delta^{13}\text{C}$ del depredador permite hacer inferencias sobre el uso de hábitat de sus presas, diferenciando entre áreas costero-oceánico, bentónico-pelágico y altas-bajas latitudes.

Las variaciones en el $\delta^{13}\text{C}$ del depredador con respecto a sus presas están dadas por tres factores; el primero es la composición isotópica y concentración del CO_2 disuelto así como su variación latitudinal en función de la temperatura superficial del mar, el segundo factor es la composición de especies en fitoplancton y su tasa de crecimiento, el último es el ingreso de C debido a la presencia de algas macrofitas y pastos marinos en ecosistemas costeros que enriquecen el valor de ^{13}C desde la base de la cadena trófica (DeNiro & Epstein, 1978; France, 1995).

Los valores de la posición que ocupa el organismo en la cadena trófica y su amplitud trófica son referidos a través del $\delta^{15}\text{N}$, debido al enriquecimiento que se presenta a lo largo de los niveles tróficos, producto de la excreción del isótopo ligero ^{14}N y consecuente enriquecimiento del ^{15}N (Minagawa & Wada, 1984b). El enriquecimiento promedio del tejido del depredador con respecto a su presa es de 0.5-1.0 ‰ para $\delta^{13}\text{C}$ y 3-5 ‰ para $\delta^{15}\text{N}$ (DeNiro & Epstein, 1978; Hobson & Welch, 1992; Minagawa & Wada, 1984).

Puesto que la señal de estos dos isótopos tiene como origen la base de la cadena trófica y esta se va enriqueciendo hasta los niveles superiores, los depredadores topos serán un buen reflejo de la señal isotópica en niveles inferiores; así mismo al conocer la dieta de estos organismos se puede inferir aspectos relacionados con la abundancia de presas y la presencia de variaciones en el ambiente (Elorriaga-Verplancken, 2009; Herreman *et al.*, 2009; Pinnegar & Polunin, 1999).

Por ello en el presente trabajo se utilizó como especie de estudio al lobo fino de Guadalupe (LFG), *Arctocephalus philippii towsendi*, especie que pertenece a la familia Otariidae y por muchos años se consideró el único pinnípedo endémico de la costa oeste de Baja California, México (Pierson 1987, Auriolles *et al.*, 2010). Su reproducción hasta el momento está limitada especialmente a la Isla Guadalupe (ubicada 256 km al oeste de la Península de Baja California). Se han registrado algunos nacimientos en el Archipiélago de San Benito (ASB), Baja California (área en proceso de recolonización, con una tasa de incremento anual del 21.63%) y en la Isla San Miguel, Islas Canal de California (Auriolles-Gamboa *et al.*, 2010; Esperón Rodríguez, 2010; Esperón & Gallo, 2012). La especie se encuentra protegida por la Legislación Mexicana dentro de la NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT 2010), bajo el estatus de especie en peligro.

El tamaño poblacional actual del lobo fino de Guadalupe se estima en aproximadamente 15,000-17,000 individuos (Auriolles y Trillmich, 2008). Antes de ser explotado en el siglo XIX, la población se estimó en 200,000 individuos (Hubbs, 1979; Esperón y Gallo, 2012).

El periodo reproductivo de este lobo fino es durante el verano (junio-agosto), con un periodo de gestación de 9 meses (mas dos meses de implantación retardada) (Gallo-Reynoso *et al.*, 2008; Gallo-Reynoso y Figueroa-Carranza, 2010). Durante el cuidado materno las hembras se ven obligadas a hacer uso de recursos de la región debido a la alta fidelidad al sitio que presentan. Su capacidad de buceo es limitada (~30 m); sin embargo compensa esta limitante viajando distancias importantes durante los viajes de alimentación, llegando a recorrer un radio de hasta 600km alrededor de Isla Guadalupe; lo que conlleva a que la duración de sus viajes de alimentación se prolongue a más de 14 días (Gallo-Reynoso *et al.*, 2008; Lander, 2000).

En el presente trabajo se determinaron los hábitos alimentarios del LFG con base en la identificación de presas a partir de estructuras de excretas y por medio del análisis de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en pelo de crías, obteniendo así información que indica aspectos de posición trófica ($\delta^{15}\text{N}$) y uso de hábitat ($\delta^{13}\text{C}$). Estas dos técnicas permitieron evaluar

distintas ventanas temporales, a corto plazo mediante excretas y a mediano plazo (2-3 meses previos a la recolecta) a través de la señal isotópica de los cachorros, que son un indicador alimentario de sus madres. Las crías de los pinnípedos durante la etapa de lactancia presentan una señal isotópica mayor al de sus madres en $\sim 0.9\text{‰}$ para el $\delta^{13}\text{C}$ y $\sim 1.73\text{‰}$ en $\delta^{15}\text{N}$ debido al enriquecimiento isotópico resultado del catabolismo de la leche materna (Porrás-Peters *et al.*, 2008; Elorriaga-Verplancken *et al.* 2013b).

El presente estudio mostró un cambio en los hábitos alimentarios del LFG, reportando por primera vez al calamar gigante (*Dosidicus gigas*) como presa principal así como diferencias intra-específicas en el uso de recursos y áreas de alimentación.

2. ANTECEDENTES

Desde el descubrimiento de Isla Guadalupe hasta fechas recientes, el LFG ha sido una especie prácticamente ignota para el humano, como consecuencia de su remota distribución. Fue hasta el siglo XIX cuando cazadores rusos, posteriormente ingleses y americanos, arribaron a la isla y comenzaron a explotar al LFG con el fin de obtener su pelaje y grasa, llevándolo al borde de la extinción (Hubbs, 1956).

Posteriormente, en 1896 Townsend descubriría siete ejemplares, que más tarde serían nuevamente cazados. Para este punto se consideró la primera “extinción” de la especie, pero en 1926 pescadores de la zona reportaron un grupo de aproximadamente 30 ejemplares, que nuevamente fueron cazados. No fue sino hasta 1954 cuando Hubbs (1956) reportó el hallazgo de 14 especímenes, los cuales fueron sujetos a protección.

Desde entonces la mayoría de estudios sobre el lobo fino de Guadalupe se han enfocado en aspectos biológicos básicos, como tamaño poblacional y características propias de la especie (Peterson *et al.*, 1968; Gallo-Reynoso, 1994; Urbán-Ramírez y Guerrero, 2002). Así mismo se ha estudiado la reducción en la variabilidad genética de la especie posterior al cuello de botella al que fue expuesto como resultado de su explotación; si bien se considera que hubo una reducción en su diversidad genética, esta no llega a ser tan significativa como lo fue para otras especies con la misma historia de explotación, como el elefante marino del norte, *Mirounga angustirostris* (Bernardi *et al.*, 1998); sin embargo, en la actualidad la densidad poblacional de esta especie es por demás superior (alrededor de diez veces) a la del LFG, por lo que la lenta recuperación del LFG (13.7% anual, Gallo-Reynoso, 1994) no se debe a la escasa variación genética, si no a otros factores como es la supervivencia de las crías o a la alta fidelidad al sitio, ya que la disponibilidad de presas estará limitado a sus áreas de alimentación (Weber *et al.*, 2004).

En términos de esta última hipótesis, es poca la investigación realizada sobre los hábitos alimentarios del LFG, y la mayoría de estos estudios corresponden a literatura no publicada o tesis. Gallo-Reynoso & Figueroa (1993) fueron los primeros en reportar

la dieta del LFG con base en la identificación de picos de cefalópodos provenientes de la regurgitación de una hembra en “Corralitos” en Isla Guadalupe, evidenciando ítems de la familia Histoteutidae, con una dominancia de 75.8% del total de estructuras, seguido de la familia Ommastrephidae con un 21.4% (Tabla 1).

Posteriormente en este mismo sitio Gallo-Reynoso (1994), a partir del análisis de solo cinco excretas, identifica una dieta principalmente teutófaga con 82.7% de picos de cefalópodos y 21.4% de peces. La especie dominante en este análisis fue *Onychoteuthis banksii* para los calamares, mientras que para los peces fue *Scomber japonicus* (Tabla 1).

Por último el trabajo más reciente de alimentación del LFG en Isla Guadalupe fue el de Hernández (2009), quien recuperó 63 excretas a lo largo de un año de muestreo y determinó una dieta del 92% de cefalópodos y 8% peces, la presa con mayor índice de importancia es *Doryteuthis opalescens* y *Onychoteuthis banksii*, mientras que para las especies de peces *Sardinops sagax* resultó ser la más importante. Basado en el índice de Levin este autor clasificó al LFG como un depredador especialista (Tabla 1).

Asímismo se han hecho estudios de la dieta del LFG en otros sitios donde no se considera residente o bien en sitios que son considerados en proceso de recolonización, tal es el caso del ASB (Esperon-Rodríguez & Gallo-Reynoso, 2012). Uno de ellos es del de Hanni *et al.* (1997) en el Sureste de las Islas Farallón donde se reporta por primera vez a *Doryteuthis opalescens* como la presa principal del LFG, con un porcentaje de ocurrencia del 32.47%, seguido por *Onychoteuthis borealojaponica* con el 13.23%. La composición general de la dieta fue del 79.6% de calamares y 20.4% de peces (Tabla 1).

Para el ASB, Auriol-Gamboa & Camacho-Ríos (2007) y Esperón-Rodríguez & Gallo-Reynoso (2012) coinciden en que la dieta está constituida por más de 90% de cefalópodos y el resto de peces. En ambos trabajos la importancia de *Doryteuthis opalescens* como presa principal del LFG fue igual y calificaron a esta especie como un estratega especialista. Estos trabajos contaron con un número de muestra mayor, lo que da robustez a sus resultados (Tabla1).

El trabajo más reciente sobre la dieta del LFG es una compilación de los trabajos descritos aquí previamente (Gallo-Reynoso & Esperón-Rodríguez, 2013), en la que se reportan ocho especies de cefalópodos y siete de peces como presas principales del LFG en tres áreas de muestreo: Isla Guadalupe, Islas Farallón y ASB. *Doryteuthis opalescens* y *Onychoteuthis banksii* fueron las dos especies principales de las tres zonas. Finalmente infieren que los cambios en la alimentación de esta especie, son respuesta a las variaciones ambientales.

Tabla 1. Composición histórica de la dieta del lobo fino de Isla Guadalupe y presa principal. IG= Isla Guadalupe, IF= Islas Farallón, ASB= Archipiélago de San Benito

Año	Zona	Estructura de la dieta		Presa principal	Fuente
		Calamar	Peces		
1993	IG	100%	0%	Histoteutidae	Gallo & Figueroa
1994	IG	82.7%	17.3%	<i>Onychoteuthis banksii</i>	Gallo-Reynosa
1997	IF	79.6%	20.4%	<i>Doryteuthis opalescens</i>	Hanni et al.
2007	ASB	95.6%	4.4%	<i>Doryteuthis opalescens</i>	Aurioles-Gamboa & Camacho-Ríos
2009	IG	92%	8%	<i>Doryteuthis opalescens</i>	Hernández-Montoya
2009	ASB	74%	26%	<i>Doryteuthis opalescens</i>	Pablo
2012	ASB	92.6%	7.4%	<i>Doryteuthis opalescens</i>	Esperón-Rodríguez & Gallo-Reynoso

El único estudio sobre alimentación que utilizó análisis de excretas y de isótopos estables en pelo como técnicas complementarias fue el de Pablo (2009). La finalidad de este trabajo fue determinar el nivel, amplitud y superposición trófica de los cuatro pinnípedos (*Arctocephalus philippii townsendi*, *Zalophus californianus*, *Mirounga angustirostris* y *Phoca vitulina*) que cohabitan el ASB. Como resultado se obtuvo que todas las especies presentan una estrategia especialista; sin embargo, sus nichos tróficos no se sobreponen, con excepción de la temporada de verano, donde *Z. californianus* y *A. philippii townsendi* presentan un traslapo trófico, como un probable resultado del uso de recursos locales durante la época de reproducción. Según los valores de $\delta^{13}\text{C}$ el uso de hábitat del LFG es principalmente oceánico, mientras que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ muestran cambios ontogénicos, especialmente en términos de posición trófica.

Asimismo existen en la literatura diversos ejemplos tanto de mamíferos marinos (Elorriaga-Verplancken, 2009) así como de otros vertebrados (e.g. aves marinas) de

variaciones ontogénicas en la alimentación como respuesta a la competencia intra-específica y no únicamente a la inter-específica, lo que genera una ampliación del nicho trófico como respuesta a la variación interindividual en el uso de los recursos (Valen, 1965).

Elorriaga-Verplancken (2009) en un estudio realizado sobre isótopos estables en el género *Zalophus*, demostró que existen variaciones entre la señal isotópica de *Z. californianus* y *Z. wolfebaeki* y que esta tiene una connotación geográfica, ya que desde el inicio de la cadena trófica la materia orgánica particulada (MOP) presenta valores de $\delta^{15}\text{N}$ distintos. Igualmente de forma intra-específica existieron cambios relacionados con el fenotipo de la especie, resultado del uso de áreas de alimentación diferenciadas entre machos y hembras adultos, así como la capacidad de depredación en individuos juveniles.

Por último, las variaciones de $\delta^{15}\text{N}$ dentro de la misma categoría de edad demostraron la existencia de una diversificación en el uso de recursos, lo que aminora una competencia intra-específica potencial.

3. JUSTIFICACIÓN

Durante los últimos dos siglos, el LFG fue cazado debido al valor de su pelaje, sin tomar en cuenta las repercusiones a largo plazo, los cuales colocaron a esta especie al borde de la extinción. Este escenario dio como resultado que a este lobo fino se le catalogara bajo el estatus de especie en peligro según la NOM-059-SEMARNAT-2010. A pesar de su estatus, aún se desconocen distintos aspectos sobre su biología y ecología.

Actualmente se tiene información sobre aspectos básicos (e. g. Peterson *et al.* 1968; Urbán-Ramírez y Guerrero, 2002) como la estimación del tamaño poblacional (e.g. Fleischer, 1978; Gallo-Reynoso, 1994), genética de poblaciones (Bernardi *et al.*, 1998) y recolonización del ASB (Aurióles-Gamboa *et al.*, 2010). Son pocos los trabajos existentes sobre la alimentación de este lobo fino, si se compara con otras especies de pinnípedos.

Los más actuales corresponden al ASB y no a Isla Guadalupe que es la zona de mayor importancia para esta especie, además dado el constante incremento de su población es necesario obtener nueva información del estado actual de su dieta para entender cómo se reparten los recursos y eventualmente evaluar cómo influyen estos patrones en la recuperación poblacional.

Los resultados del presente estudio ayudaron a comprender como la dieta del LFG varía entre individuos, así como en función de su disponibilidad en el medio que puede verse alterado como una posible respuesta a cambios ambientales que determinan la disponibilidad de las presas para esta especie. También resalta el uso de dos técnicas complementarias, con escalas de tiempo diferentes, por primera vez en la determinación de hábitos alimentarios de esta especie en Isla Guadalupe. Esta contribución sentó bases para estudios más específicos y actuales de la ecología trófica de la especie.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer los hábitos alimentarios del lobo fino de Guadalupe, *Arctocephalus philippii townsendi* en Isla Guadalupe durante el periodo reproductivo 2013.

4.2. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar la dieta del lobo fino de Guadalupe a partir del análisis de estructuras duras en excretas.
2. Determinar los hábitos alimentarios (posición trófica y uso de hábitat) a partir de señales de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ pelo de crías de lobo fino de Guadalupe.
3. Conformar un escenario sistémico acerca de la alimentación del lobo fino de Guadalupe mediante la complementariedad de los resultados de ambas técnicas

5. ÁREA DE ESTUDIO

La Isla Guadalupe se localiza 256 km al oeste de la Península de Baja California (29°00' N, 118°26' O) (Figura 1). Es una isla de origen volcánico que tiene una longitud de 35 km y un ancho de 6.5-9.5 km (Gallo-Reynoso 1994). En 1928 fue declarada como “Zona Reservada para la Caza y Pesca de Especies Animales y Vegetales”.

La Isla de Guadalupe se encuentra en el Sistema de la Corriente de California (SCC) en su porción sur, que se caracteriza por presentar una temperatura superficial promedio anual de 18 °C y vientos predominantes del noroeste (Lynn y Simpson 1987). Este sistema se caracteriza por la presencia de aguas frías que son llevadas a superficie por advección o procesos físicos, mejor conocido como surgencias, lo cual beneficia el desarrollo de la cadena trófica al transportar nutrientes por encima de la termoclina, generando un alta productividad.

Su orientación de norte a sur y su forma alargada actúan como una barrera contra el flujo de la corriente, lo que produce una serie de remolinos a diferentes profundidades. Las mareas son semi-diurnas, con una amplitud de casi 3 m durante invierno (Stewart y Stewart, 1984).

Debido a su posición latitudinal es poca la influencia que llega a generar eventos meteorológicos como “El Niño”(Santos del Prado & Peters, 2005). Sin embargo en la actualidad esta área está bajo un proceso transicional de calentamiento debido al fenómeno llamado “La mancha” (“The Blob” en inglés) que consiste en una masa de agua de 1 a 4°C más cálida que el promedio; este fenómeno se originó en Alaska a finales de 2013 y en 2014 empezó a afectar la costa occidental de Baja California (Kintisch, 2015). Por lo que el período de estudio abarca condiciones normales, al menos en términos de temperatura superficial del mar (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml).

Esta isla se caracteriza por una gran biodiversidad, tanto en tierra como en agua y aquí cohabitan tres de las cuatro especies de pinnípedos descritos para México: el elefante marino del Norte (*Mirounga angustirostris*), el lobo marino de California (*Zalophus*

californianus) y el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*). Para esta última especie la Isla de Guadalupe es de vital importancia, ya que es la única área establecida como colonia reproductiva.

El LFG se localiza principalmente en la costa este de la isla, la cual se encuentra compuesta por rocas de tipo basálticas y playas de canto rodado bordeadas por acantilados (Pierson, 1987). La zona de mayor densidad dentro de la colonia y de más fácil acceso para su estudio es Punta Sur, por lo cual se ha elegido como el área de muestreo.

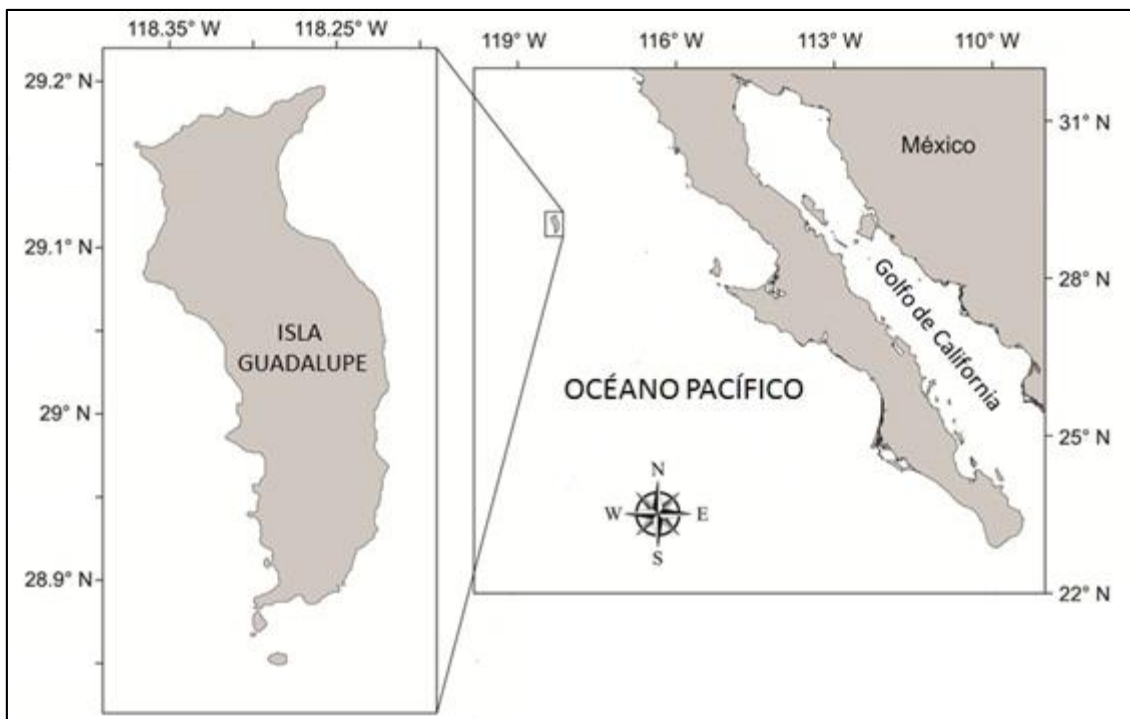


Figura 1.- Área de estudio, Isla Guadalupe, Baja California, México

6. MÉTODO

6.1 ANÁLISIS DE EXCRETAS

Para el presente estudio se recolectaron 106 excretas de lobo fino de Guadalupe durante los meses de junio a agosto 2013, en Punta Sur, Isla de Guadalupe.

La recolecta se hizo principalmente en las áreas de reproducción ya que en esta zona habitan en su mayoría hembras, crías y machos reproductores, lo que incrementa la posibilidad de que las excretas colectadas correspondan a hembras, las cuales componen la mayor parte de la población. Aunque las crías también son una clase de edad abundante, sus excretas presentan características particulares (e. g. consistencia y color) que las hace fácilmente distinguibles de las de los adultos.

Las excretas se colectaron en la zona rocosa y solo se recogieron las que estuvieran más frescas. Cada muestra colectada se depositó en una bolsa plástica rotulada con la fecha y lugar de colecta (Figura 2).

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). Cada muestra se depositó en un frasco con el mismo etiquetado de la recolecta, se le agregó jabón en polvo y agua para disminuir el olor y al mismo tiempo ablandar el material para su posterior tamizado. El tiempo de reposo en el frasco varió entre 24 y 72 hrs dependiendo de la dureza de la muestra (Figura 2). Posteriormente, las muestras fueron filtradas usando un juego de tamices con diferente luz de malla (2.0, 1.19 y 0.71 μ m) y se pusieron bajo el chorro constante de agua para posteriormente recolectar las partes duras tales como otolitos, picos, vértebras, entre otros remanentes usando unas pinzas. El residuo contenido en el último tamiz se analizó nuevamente bajo un estereoscopio para identificar estructuras de menor tamaño que no fueron vistas durante el filtrado.



Figura 2.- Recolecta de excretas (Izq.) y almacenamiento (Der.)

Una vez obtenidas las estructuras duras, estas se almacenaron en viales rotulados con el número de excreta y fecha de recolección. Para la identificación de los picos de cefalópodos y otolitos se tomaron en cuenta diferentes aspectos (Figura 3) que fueron comparados con claves especializadas (Wolff, 1984; Young & Vercchione, 2013; Morrow, 1979, Lowry, 2011).

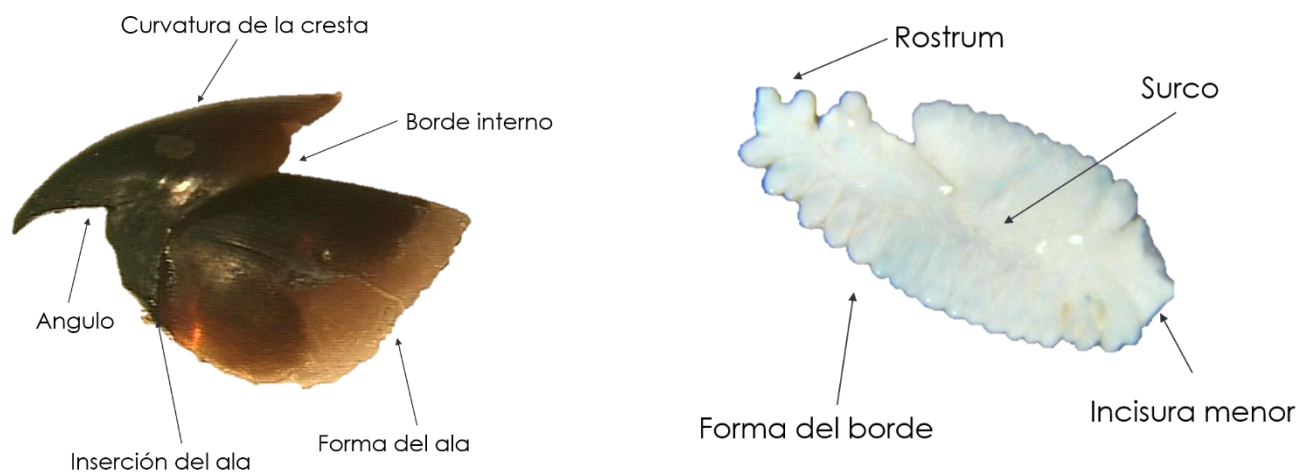


Figura 3 .- Características morfológicas de estructuras duras para la identificación de presas: pico de cefalópodo (izq.) y otolito de pez (der.)

6.1.1. ESTRUCTURA DE LA DIETA

Para cada excreta se determinó el número de estructuras o ítems presentes, así como el total de especies presentes por excreta; además, se registró si la excreta presentaba otro tipo de contenido (e. g. pelo, pasto marino o restos no identificables).

6.1.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Para determinar el tamaño de muestra representativo u óptimo para describir la dieta de *A. philippii townsendi* se utilizó una curva de diversidad acumulada, utilizando el software EstimateS Swin820 (Colwell 2009); en la cual se graficó la diversidad promedio según el índice de Shannon-Wiener y su desviación estándar.

$$H' = - \sum_{i=1}^K p_i \log p_i$$

donde:

H' = La diversidad definida por Shannon-Wiener

p_i = La proporción de la presa i sobre el total de las presas en cada excreta

También se calculó el coeficiente de variación (CV) para obtener una estimación cuantitativa del número de excretas que serían adecuadas y representativas de la dieta. Cuando este CV es menor o igual a 5% (0.05), el número de excretas analizadas se considera como representativo de la dieta bajo análisis (Jiménez-Valverde and Hortal 2003).

Este análisis se basa en el supuesto de que al incrementar el tamaño de muestra, la variación será menor, y una vez que se alcanza la asíntota de la curva, las únicas especies que se introducirán posteriormente son las consideradas como raras o poco frecuentes.

6.1.3. ESPECTRO TRÓFICO

Se determinó la importancia de cada especie presa, mediante el Índice de Importancia Relativa modificado por García-Rodríguez y de la Cruz-Agüero (2011):

$$IIMP_i = \frac{1}{U} \sum_{j=1}^u \frac{x_{ij}}{X_j}$$

donde:

x_{ij} = Es el número de observaciones de la especie i en la excreta j

X_j = Es el número de estructuras duras presentes en la excreta j

u = Número de excretas en las que la especie i estuvo presente

U = Número total de excretas donde se identificaron estructuras duras

Este índice es uno de los más utilizados, lo que facilita las comparaciones con otras trabajos sobre análisis de excretas (Elorriaga-Verplancken *et al* 2013b).

6.1.4. AMPLITUD DEL ESPECTRO TRÓFICO

El espectro trófico puede ser muy amplio o reducirse a unas cuantas especies, por ello al calcular su amplitud podemos tener una perspectiva del uso de los recursos alimenticios existentes y conocer su condición de especialista o generalista. Para este fin se utiliza el Índice estandarizado de Levins (Krebs, 1999):

$$B_j = \frac{1}{n-1} \left(\frac{1}{\sum_j P_{ij}^2} - 1 \right)$$

donde:

B_j = Amplitud trófica

P_{ij} = Proporción de la presa i en la excreta j

n = Número de presas en la dieta

Los valores de B_j varían de 0 a 1; cuando los valores van de 0 a 0.6, la dieta del depredador es considerada como especialista, mientras que los valores mayores de 0.6 indican una estrategia alimenticia generalista.

Como complemento del índice de Levins, se mostró de manera gráfica la estrategia de alimentación del LFG mediante el método de Costello (1990), modificado por Amundsen *et al.* (1996), el cual consiste en la distribución en dos dimensiones de la

abundancia específica *versus* la frecuencia de aparición de la presa. Su ecuación se define como:

$$P_i = \frac{\sum S_i}{\sum S_{t_i}} * 100$$

donde:

P_i = Abundancia específica de la presa i en la dieta del depredador

S_i = Número total de ítems de la presa i en la excreta i

S_{t_i} =Número total de excretas en que estuvo presente la presa i

Para determinar la importancia de la presa y la estrategia de alimentación del depredador basta con ubicar la distribución de los puntos a lo largo de las diagonales y ejes del diagrama.

El eje vertical representa la estrategia de alimentación; los puntos localizados en la parte superior corresponden a una estrategia de alimentación especialista, mientras que los localizados en la parte inferior corresponden a presas que solo son consumidas ocasionalmente.

Por otra parte la diagonal de la parte inferior izquierda a la parte superior derecha del diagrama representa la importancia de la presa en la dieta del depredador; los puntos localizados en la parte inferior corresponden a presas raras o de poca importancia; las presas dominantes se encuentran en la esquina superior derecha.

La última diagonal del diagrama indica el grado de especialización de la especie; los puntos ubicados en la esquina superior derecha indican diferentes individuos con una especialización por un recurso distinto cada uno, mientras que la esquina inferior derecha indica que la mayoría de los individuos depredan sobre muchos recursos de manera simultánea (Amundsen et al. 1996) (Figura 4).

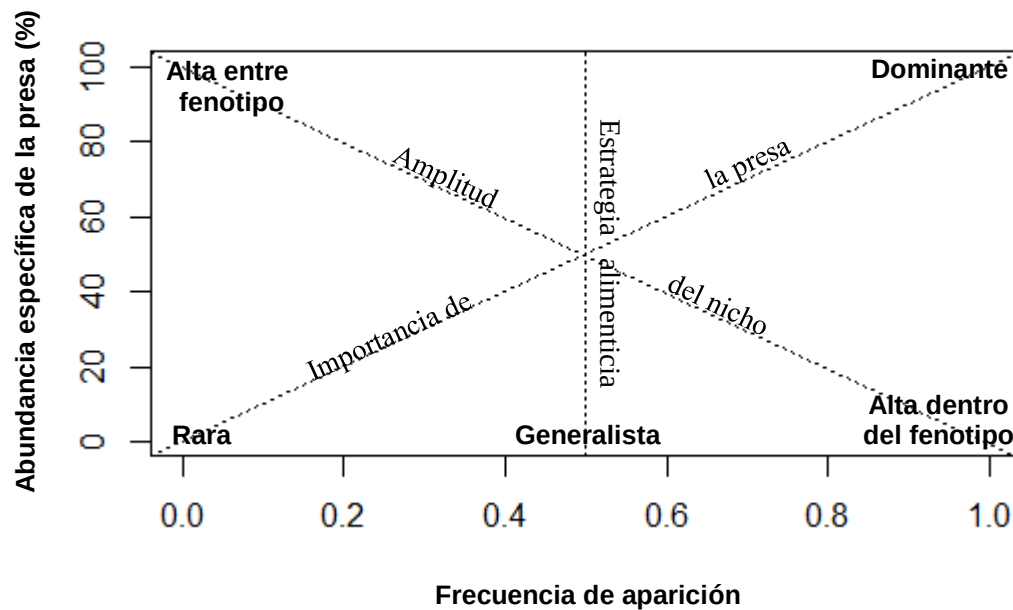


Figura 4.- Diagrama explicativo del metodo de costello modificado por Amundsen *et al.* (1996).

La dieta del lobo fino se presentó bajo este diagrama de manera total. Adicionalmente, los resultados del análisis de excretas se dividieron en dos períodos correspondientes con el inicio de la temporada de reproducción (junio-julio) y el segundo período correspondiente al término de la temporada (julio-agosto), para determinar si existe una variación en el uso de los recursos a lo largo de la temporada reproductiva (junio-agosto).

6.1.5. NIVEL TRÓFICO

Para determinar la posición del LFG en la cadena alimenticia se calculó el nivel trófico según las presas encontradas en las excretas. Para este fin se utilizó la ecuación propuesta por Christensen & Pauly (1992):

$$NT = 1 + \left[\left(\sum_{j=1}^n CD_{ij} \right) * NT_j \right]$$

donde:

TL= Nivel trófico del depredador

CD_{ij} = Proporción de la presa j en la dieta del depredador i

NT_j = Nivel trófico de la presa j

n = Número de grupos en el sistema

Para esta ecuación se considera al detritus y productores primarios como el nivel uno en la cadena alimenticia. El nivel de los consumidores secundarios y terciarios se determina como uno más la suma del producto del nivel trófico de las presas y su proporción en la dieta del consumidor.

Los valores del nivel trófico de las presas fue consultado en el portal de FishBase (Froese & Pauly., 2015) y se complementó con literatura especializada para el nivel trófico de aquellas especies que no se encontraran en dicho portal (Mearns *et al.*, 1981).

6.2. ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES

Para este estudio se utilizó el pelo de crías de lobo fino de Guadalupe como aproximación de los hábitos alimentarios de sus madres. Para ello se capturaron crías de LFG en Isla Guadalupe durante la temporada reproductiva de 2013 (junio-agosto), teniendo cuidado de capturar crías con no más de dos meses de edad. A cada cría capturada se le tomó el peso, longitud total y sexo, por último se recortó una porción de pelo de aproximadamente 5x5 cm en la zona dorsal (Figura 5). Cada muestra se resguardó en un sobre de papel identificado con el número de organismo, fecha y zona de muestreo.



Figura 5.- Corte de pelo en zona dorsal para el muestreo de isótopos estables.

6.2.1. PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Las muestras fueron lavadas en una solución de cloroformo-metanol (1:1) para eliminar cualquier impureza presente. Este proceso se hizo por triplicado para cada muestra, dejando evaporar el excedente entre cada lavado. Una vez evaporado totalmente la solución se procedió a recortar el pelo con ayuda de tijeras de precisión y pinzas, hasta reducirlo a la menor fracción posible, esto para facilitar el macerado de la muestra mediante un mortero de ágata; cada muestra fue procesada por alrededor de 5 min hasta conseguir un polvo fino, el cual se almacenó en viales eppendorf de 2 mL rotulados con la clave de la muestra.

De cada muestra se tomó $1\text{mg} \pm 0.2$ y se depositó en una cápsula de estaño de 5x5mm, para ello se usó una micro balanza analítica marca METTLER TOLEDO® (precisión de 0.0001mg) del laboratorio LESMA-Laboratorio de Química Marina del CICIMAR-IPN, posteriormente cada cápsula fue doblada para evitar la presencia de aire dentro

de ella. Las cápsulas resultantes se colocaron en una charola sellada que se envió al Laboratorio de Isótopos Estables de la Universidad de California en Santa Cruz (EUA).

6.2.2. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Las razones de isótopos de N y C se obtuvieron a través de flujo continuo mediante la combustión de gases medida con un analizador elemental (PDZ Europa ANCA – GSL) interconectado a un espectrómetro de masas de razones isotópicas (PDZ Europa 20-20) con una precisión de 0.2‰ para $\delta^{13}\text{C}$ y 0.3‰ para $\delta^{15}\text{N}$

Para representar la proporción de isótopos estables de un elemento se utilizó la notación delta (δ), según la ecuación propuesta por DeNiro & Epstein (1981):

$$\delta^{15}\text{N} \text{ ó } \delta^{13}\text{C} = 1000 \left(\frac{R_{\text{muestra}}}{R_{\text{estándar}}} - 1 \right)$$

donde:

R_{muestra} = cocientes molares de los isótopos pesados sobre los livianos en la muestra

$R_{\text{estándar}}$ = cocientes molares de los isótopos pesados sobre los livianos en el estándar

Las unidades de medida se expresan en partes por mil (‰). Los estándares internacionalmente reconocidos para estos elementos son la Pee Dee Belemnita PDB para carbono cuyo valor es de 0.011 ‰ y el nitrógeno atmosférico N_2 para nitrógeno con valor de 0.004 ‰.

6.2.3. ÍNDICES ECOLÓGICOS BASADOS EN RAZONES ISOTÓPICAS

Una vez obtenidos los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ se obtuvo su promedio y desviación estándar; también se realizaron histogramas de frecuencia para observar la naturaleza de los datos.

Haciendo uso del gran tamaño de muestra obtenido se realizó un análisis multidimensional para observar la distribución de los datos y la posible formación de subgrupos. Posteriormente a estos subgrupos se les realizó un análisis de similitud (ANOSIM) mediante distancia Euclidiana con el uso del software PRIMER 6 ®, este último análisis considera que los grupos están separados entre sí cuando el valor R es

cercano a 1 o -1, así como un valor de $p \leq 0.01$ o lo que es igual al 1% (Clarke & Gorley, 2006).

6.2.3.1. AMPLITUD DEL NICHOTRÓFICO

Para determinar la amplitud trófica se utilizaron los criterios propuestos por Bearhop *et al.* (2004), quienes proponen a la varianza de $\delta^{15}\text{N}$ como indicador de la amplitud del nicho trófico de una especie. Los valores menores a $\sim 1\%$ son indicadores de una dieta con tendencia especialista, mientras que valores superiores a este indican una dieta generalista.

Asimismo se utilizó la rutina SIBER del paquete SIAR (Stable Isotope Analysis in R) en el software R® (Parnell, 2013). Dicha rutina consiste en la creación de polígonos convexos que unen todos los puntos extremos de la distribución de los valores $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$; luego utilizando una serie de permutaciones de la simulación de Monte Carlo crea elipses que representan el 95% de la varianza de los datos para cada isótopo estable; excluyendo los puntos extremos. El área total de esta elipse es considerada como la amplitud trófica o nicho isotópico (Newsome *et al.*, 2007). Esta rutina fue aplicada a nivel general y por subgrupos.

6.2.3.2. NIVEL TRÓFICO

Para determinar el nivel trófico se utilizó el valor $\delta^{15}\text{N}$, ya que este es un buen indicador de la posición trófica del organismo en la cadena alimentaria. Para este fin se utilizó la ecuación propuesta por Post (2002):

$$NT = \lambda \frac{(\delta^{15}N_{\text{depredador}} - \delta^{15}N_{\text{base}})}{\Delta_n}$$

donde:

NT = Nivel trófico del depredador

λ = Nivel trófico del organismo utilizado como consumidor secundario

$\delta^{15}N_{\text{depredador}}$ = Valor promedio de la señal de $\delta^{15}\text{N}$ del depredador

$\delta^{15}N_{base}$ = Valor de $\delta^{15}N$ del organismo utilizado como consumidor secundario
(*Sardinops sagax*)

Δ_n = Valor de fraccionamiento isotópico de $\delta^{15}N$ (3.4‰, Aurióles-Gamboa *et al.*, 2006)

Es recomendable usar una especie que se encuentre lo más cercano a la base de la cadena trófica y que coincida espacialmente con la distribución espacial del depredador. Como referencia de consumidor secundario se utilizó a la sardina (*Sardinops sagax*), su nivel trófico se tomó del portal de FishBase (Froese & Pauly., 2015).

7. RESULTADOS

7.1. ANÁLISIS DE EXCRETAS

7.1.1. ESTRUCTURA DE LA DIETA

Durante el período de muestreo se recolectó un total de 107 excretas, de las cuales 64 presentaron remanentes alimenticios, mientras que las 43 excretas restantes no registraron estructuras duras.

De las estructuras duras encontradas, los picos de cefalópodos fueron los de mayor prevalencia, encontrándose en 62 excretas, seguido de otolitos de peces en 12 de ellas y solo en dos se registraron restos de langostilla (*Pleuroncodes planipes*). De igual manera, destaca la presencia de pasto marino del género *Phyllospadix* en 38 de las muestras, y de pelo excretado en 28 muestras, así como otros restos que dada la degradación no fue posible identificar (Figura 6).

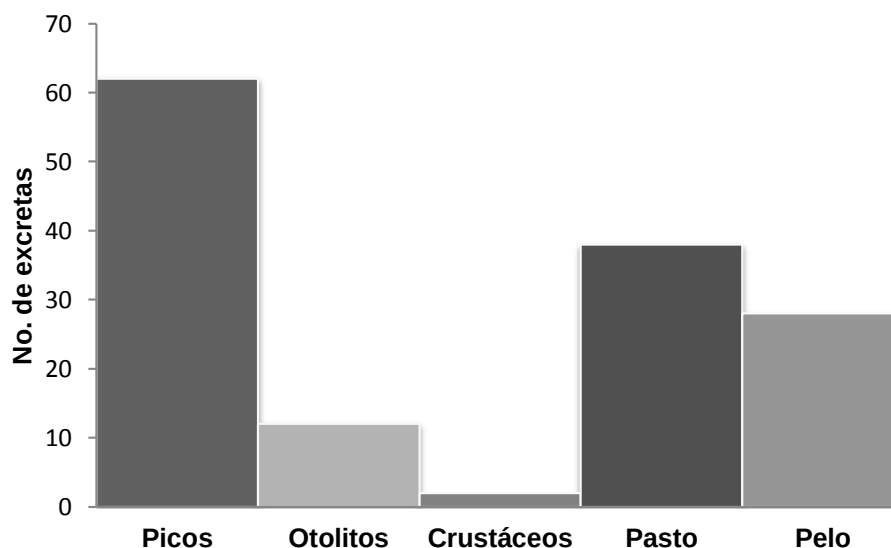


Figura 6. Composición de las excretas de lobo fino de Guadalupe durante el verano 2013

7.1.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

La curva de diversidad acumulada mostró que el número de excretas revisadas fue representativo de la dieta de *A. philippii townsendi* para verano 2013. A partir de la

excreta 47, dentro del análisis, se alcanzó un coeficiente de variación de 0.05 (Figura 7).

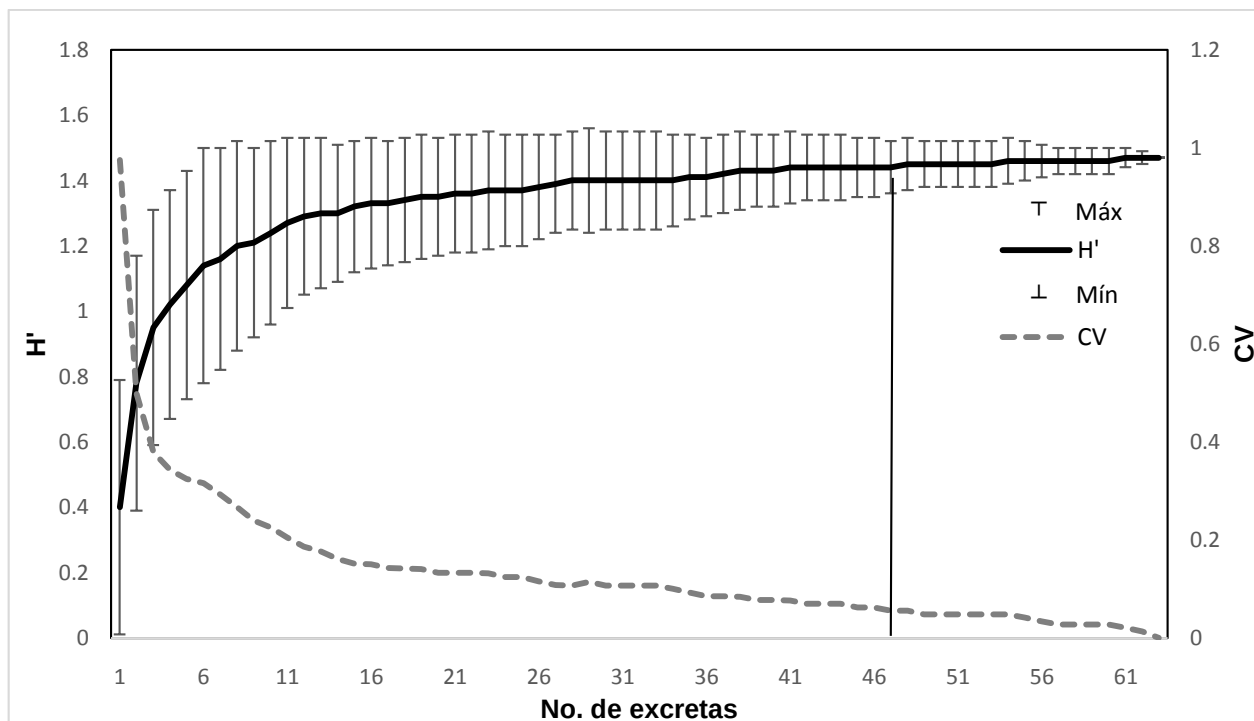


Figura 7. Curva de diversidad del lobo fino de Isla Guadalupe en verano 2013; H'= Diversidad de Shannon–Weaver; Máx = máxima diversidad, Min = mínima diversidad, CV = coeficiente de variación.

7.1.3. ESPECTRO TRÓFICO

La dieta de *A. philippii townsendi* estuvo compuesta por 12 tipos diferentes de presas durante el verano 2013, los cuales fueron identificados a nivel de género debido al deterioro que presentaron sus estructuras duras correspondientes.

De las presas encontradas cuatro correspondieron a cefalópodos y las ocho restantes a peces. Los cefalópodos identificados fueron el calamar gigante (*Dosidicus gigas*), el calamar de gancho (*Onychoteuthis* spp.), el calamar enope (*Abraliopsis* spp.) y el calamar volador luminoso (*Eucleoteuthis* spp.). Las especies de peces encontradas fueron el pez linterna de aleta grande (*Symbolophorus* spp.), lenguado tapadera (*Citharichtys* spp.) linterna diente de perro (*Ceratoscopelus* spp.), linterna azul

(*Tarletonbeania* spp.), pejerrey pescadilla (*Atherinops* spp.), cabrilla (*Sebastes* spp.), lenguado de California (*Symphurus* spp.) y linterna de California (*Diaphus* spp.).

La especie de cefalópodos que presentó una mayor importancia dentro de la dieta fue *Dosidicus gigas* con el 51.37%, seguido por *Onychoteuthis* spp. con un 30.38%, mientras que *Abraliopsis* spp. y *Eucleoteuthis* spp. juntos sumaron el 7% de la dieta del LFG (Tabla 2).

De manera general los géneros correspondientes a peces presentaron un bajo porcentaje de importancia en la dieta (11.23%), siendo *Symbolophorus* spp. el que presentó el mayor porcentaje con 4.19%, seguido por *Citharichtys* spp. (2.38%), *Ceratoscopelus* spp. (1.39%) y *Tarletonbeania* spp. (1.11%), los géneros *Atherinops* spp., *Sebastes* spp., *Symphurus* spp. y *Diaphus* spp. conformaron menos del 2% en conjunto (TABLA 22).

Tabla 2.- Presas que componen la dieta del lobo fino de Isla Guadalupe durante verano 2013.

NT= Nivel Trófico, IIMP= Índice de Importancia de la Presa.

Nombre común	Especie	Hábitat	NT	No. De estructuras	Frecuencia	IIMP (100%)
Cefalópodos						
Calamar gigante	<i>Dosidicus gigas</i>	Pelágico	4.1	212	44	51.37
Calamar de gancho	<i>Onychoteuthis</i> spp.	Epipelágico	3.2	171	34	30.38
Calamar enope	<i>Abraliopsis</i> spp.	Epipelágico	3.2	11	5	4.24
Calamar volador luminoso	<i>Eucleoteuthis</i> spp.	Pelágico	3.7	4	2	2.78
Peces						
Pez linterna	<i>Symbolophorus</i> spp.	Batipelágico	3.1	72	7	4.19
Lenguado tapadera	<i>Citharichtys</i> spp.	Demersal	3.4	7	3	2.38
Pez linterna canino	<i>Ceratoscopelus</i> spp.	Batipelágico	3.5	15	4	1.39
Pez linterna azul	<i>Tarletonbeania</i> spp.	Batipelágico	3.13	2	2	1.11
Pejerrey pescadillo	<i>Atherinops</i> spp.	Pelágico	2.76	3	3	0.62
Rocote	<i>Sebastes</i> spp.	Bentónico	3.46	4	2	0.52
Lenguado de California	<i>Symphurus</i> spp.	Demersal	3.39	4	2	0.33
Pez linterna de California	<i>Diaphus</i> spp.	Batipelágico	3.1	2	2	0.19
Otolito ni				3	3	0.51
Total				510	64	100

7.1.4. AMPLITUD DEL ESPECTRO TRÓFICO

La dieta de *A. philippii townsendi* presentó un número reducido de presas, lo cual resultó en un índice de Levins con un valor cercano a 0 (0.19) lo que indicó una dieta con tendencia especialista.

Para el período de junio-julio el valor del índice de Levin disminuyó a 0.15, mientras que el segundo período mostró la mayor amplitud trófica con un valor de 0.38, sin embargo ambos períodos consideran una tendencia especialista.

Por otra parte el gráfico de Costello modificado por Admunsen *et al.* (1996), con base en el número de presas (%N), mostró una especialización hacia el grupo de los cefalópodos y consideró a los peces como un grupo de presas raro dentro de la dieta del LFG (Figura 8). Sin embargo, al analizar los datos con mayor resolución taxonómica, la importancia de los cefalópodos se dividió en dos especies, de las cuales *Dosidicus gigas* presentó la mayor frecuencia y abundancia, seguido por *Onychoteuthis spp.*, indicando diferente uso de los recursos entre individuos (Figura 9).

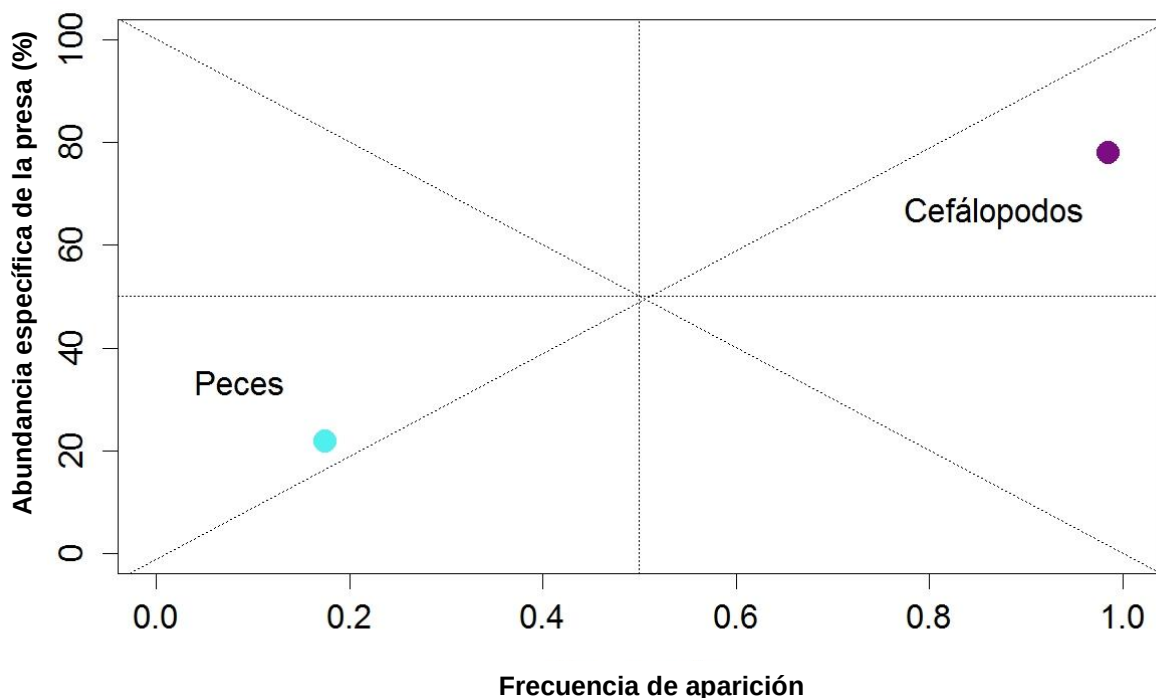


Figura 8.- Abundancia específica contra la frecuencia de aparición de las especies presa divididos en grandes grupos del lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013.

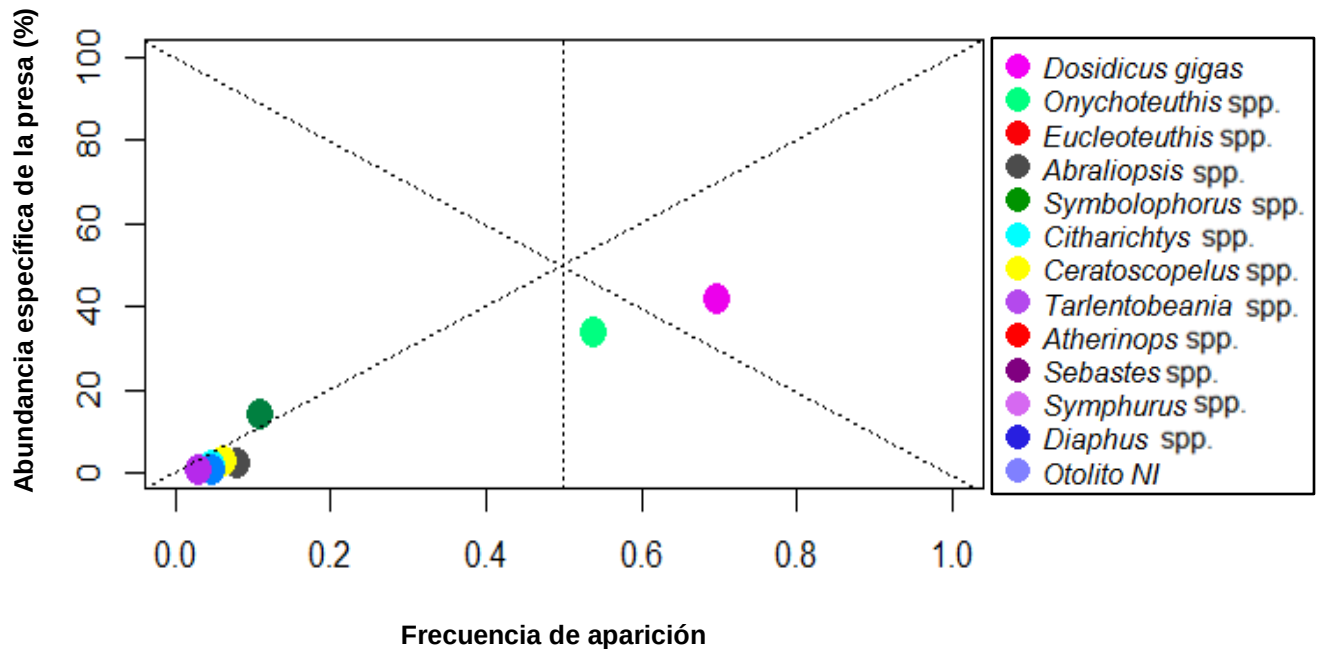


Figura 9.- Abundancia Específica contra la frecuencia de aparición de las especies presa del lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe, verano 2013.

El resultado de ese gráfico para los dos periodos en que se dividió el periodo reproductivo, mostró que para junio-julio existió una especialización sobre el consumo de *D. gigas*, seguido por *Onychoteuthis* spp., sin embargo para la segunda mitad la dominancia de *D. gigas* se vio disminuida, siendo prácticamente igual a la abundancia de *Onychoteuthis* spp., pero con diferente frecuencia; así mismo se resaltó la presencia de un pez (*Symbolophorus* spp.) que presentó una alta abundancia aunque baja frecuencia, lo que lo mantuvo como una especie rara dentro de la dieta de LFG (Figura 10).

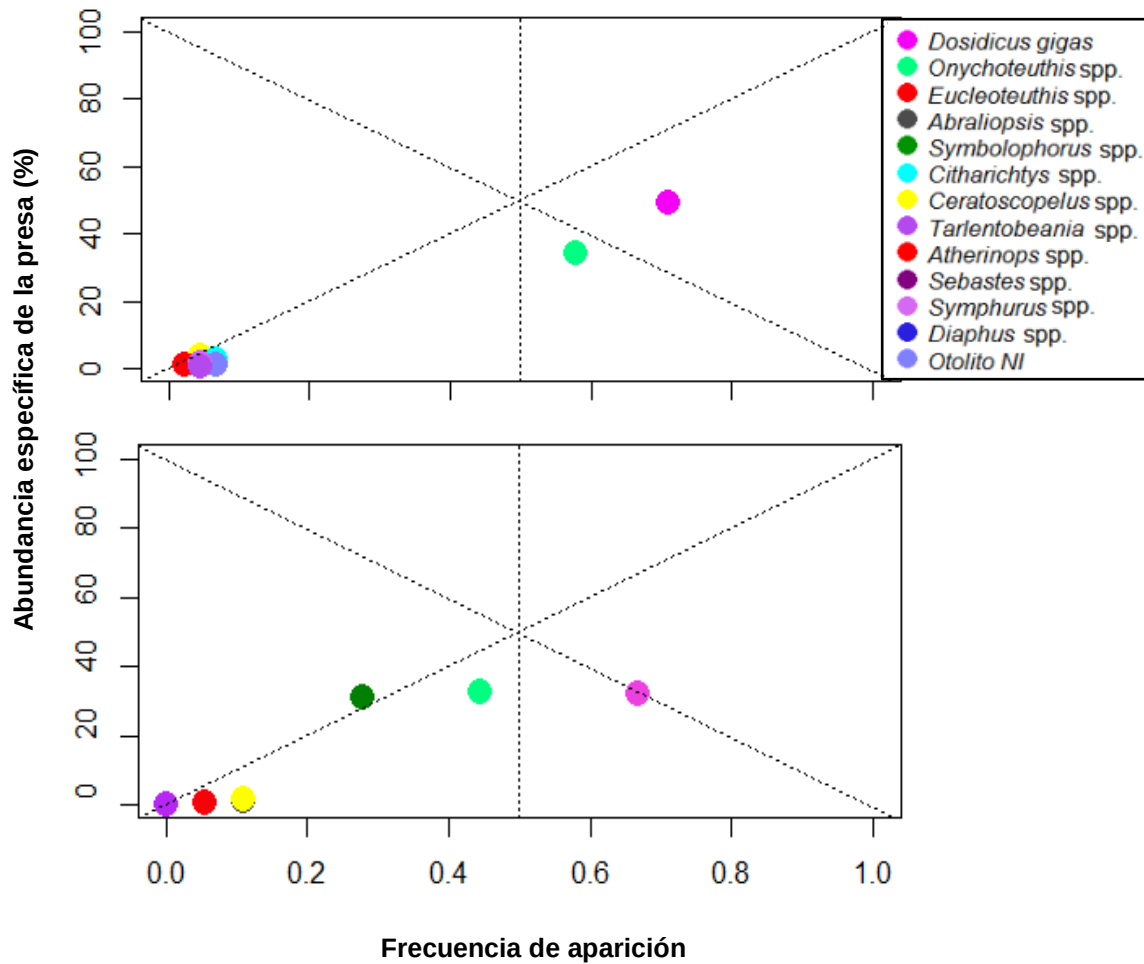


Figura 10.- Abundancia Específica contra la frecuencia de aparición de las especies presa del lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013. Período de Junio a Julio (arriba), período de Julio a agosto (abajo)

El nivel trófico calculado para el LFG según la ecuación de Christensen y Pauly (1992), fue de 4.6 lo que lo ubicó como un consumidor carnívoro terciario.

Asimismo se calculó el nivel trófico para los dos períodos en que se dividió la temporada reproductiva, el primer período correspondiente al inicio de la temporada (junio-julio) presentó un nivel trófico de 4.6. Mientras que el nivel trófico para el LFG durante el segundo período fue 4.5.

7.2. ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES

Durante la temporada reproductiva 2013 se obtuvieron 98 muestras de pelo de crías de lobo fino de Guadalupe. El valor promedio ($\pm$ DE) de $\delta^{13}\text{C}$ fue $-17.6 \pm 0.36\text{‰}$ y $18.3 \pm 0.44\text{‰}$ para el $\delta^{15}\text{N}$

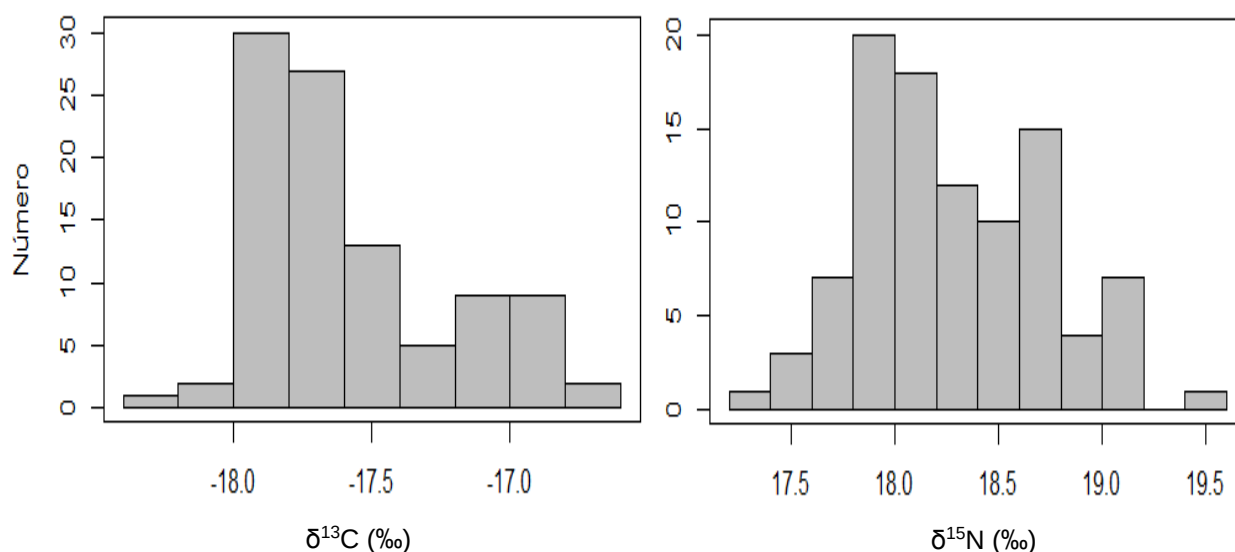


Figura 11.- Histograma de frecuencias de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ (izq.) y $\delta^{15}\text{N}$ (der.) de crías de lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe, verano 2013.

En cuanto a la distribución de frecuencias del valor delta de ambos isótopos, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaron de -16.62 a -18.23‰ , siendo el rango de -17.5 a -18‰ el más frecuente. Para el $\delta^{15}\text{N}$ el máximo valor fue de 19.47‰ y el mínimo de 17.33‰ , el valor más frecuente fue alrededor de los 18‰ ; sin embargo cercano a los 18.5‰ existe un segundo pico de menor frecuencia (Fig. 11). El análisis multidimensional mostró la posible presencia de tres grupos, siendo los grupos 1 y 2 más similares entre sí con respecto al grupo 3 (Fig. 12). El análisis de similitud mostró una separación alta entre los grupos ($R=0.773$, $p=0.001$), siendo el grupo 1 el más distante con respecto al 3 ($R=0.936$, $p=0.001$). A pesar de la cercanía del grupo 1 con respecto al 2, el análisis de similitud mostró que estaban ligeramente separados entre sí ($R=0.675$, $p=0.001$).

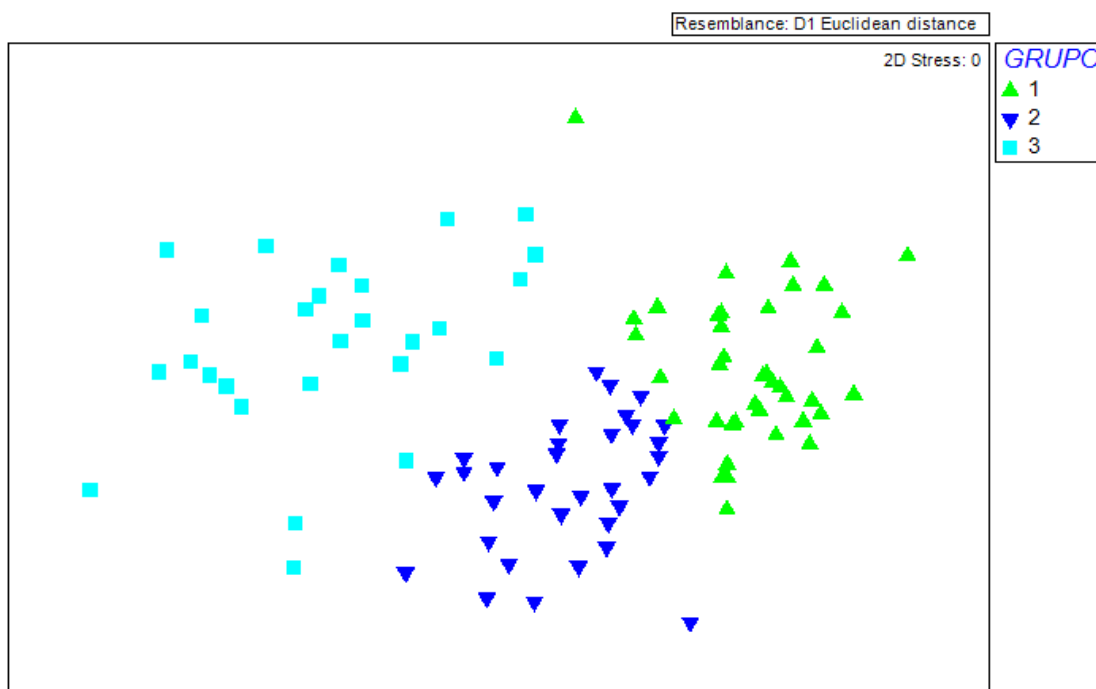


Figura 112.- Arreglo multidimensional de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en crías de lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013. Los grupos corresponden al ordenamiento jerárquico o clúster.

El grupo 1 presentó el menor promedio, tanto para el $\delta^{13}\text{C}$ como para el $\delta^{15}\text{N}$ (-17.8‰ y 17.83‰ , respectivamente), mientras que el grupo 2 presentó un valor similar al grupo 1 en $\delta^{13}\text{C}$ pero diferente valor de $\delta^{15}\text{N}$ (-17.79‰ y 18.41‰ , respectivamente), finalmente el grupo tres presentó los valores más altos en ambos isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}=-17.09\text{‰}$ y $\delta^{15}\text{N}=18.71\text{‰}$)

7.2.1. AMPLITUD DEL NICHOTRÓFICO

La varianza de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ fue de 0.20, indicando una dieta especialista de acuerdo al criterio de Bearhop *et al.* (2004).

El análisis de polígonos convexos para el total de los datos demostró una gran dispersión de los valores isotópicos. La elipse que agrupa el 95% de la varianza presentó un área de 0.418, mientras que el área total del polígono fue de 1.98 (Fig. 13)

Este mismo análisis se realizó con los subgrupos formados anteriormente. El polígono correspondiente al grupo 1 presentó un área de 0.47, mientras que el área de la elipse fue de 0.11, en el caso del grupo 2 se presentó una amplitud de elipse similar (0.10) pero un polígono menor (0.33), por último el grupo 3 fue el más diverso, ya que el área de su polígono fue de 0.71, mientras que la amplitud del nicho trófico fue prácticamente el doble que el de los grupos anteriores (0.23, Fig. 14).

7.2.2. TRASLAPO TRÓFICO

Utilizando los resultados de la rutina SIBER, se evidenció que no existe traslape trófico entre los subgrupos creados, si bien los polígonos del grupo 1 y 2 se encuentran cercanos entre sí, no se presenta un traslape (

Figura 4.- Diagrama explicativo del metodo de costello modificado por Amundsen *et al.* (1996).Figura 134).

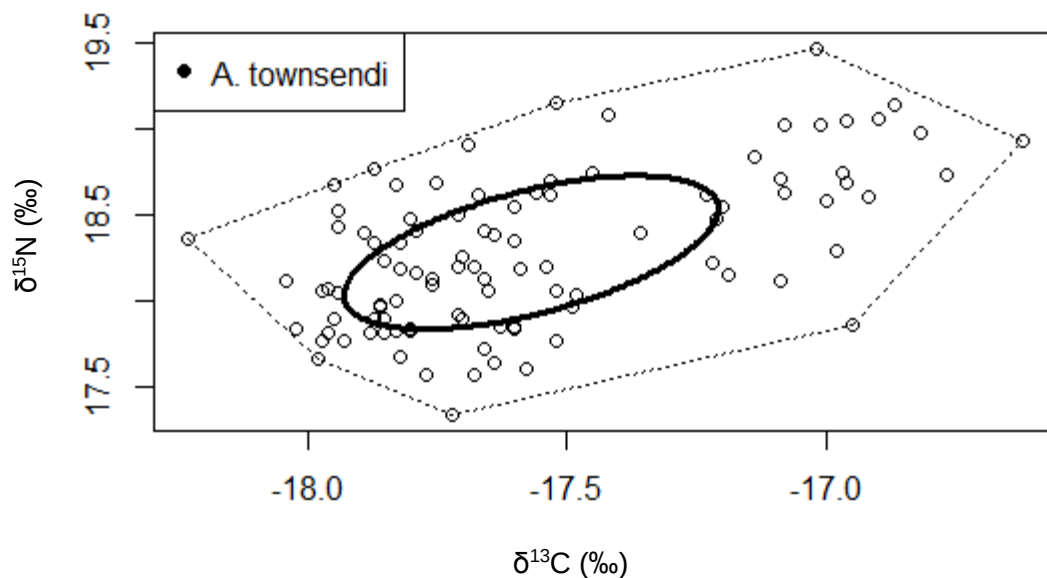


Figura 123.- Amplitud del nicho isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ (Análisis SIBER) del lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013.

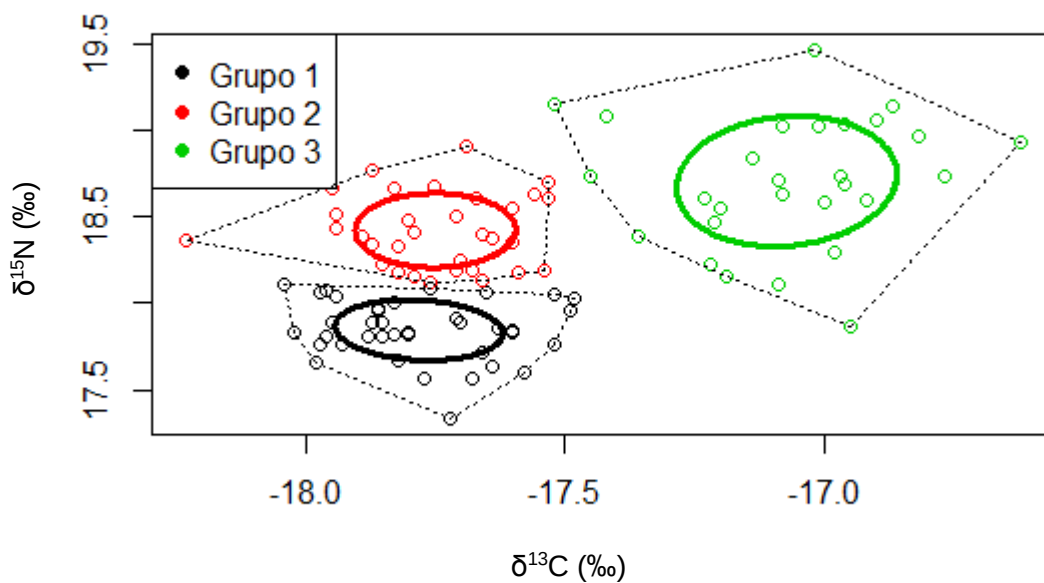


Figura 134.- Amplitud y sobreposición del nicho isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ (Análisis SIBER) de los tres grupos creados mediante ordenación jerárquica o clúster del lobo fino de Isla Guadalupe, verano 2013.

7.2.3. NIVEL TRÓFICO

Para el cálculo del nivel trófico usando el algoritmo de Post (2002) se tomó como valor base de la cadena trófica a *Sardinops sagax*, con un valor de 12.9‰ para $\delta^{15}\text{N}$ (Carlisle et al., 2015) y un nivel trófico de 3.0 considerado para juveniles y adultos. A partir de esta base, el nivel trófico del LFG fue de 4.58, lo que lo ubicó como un consumidor carnívoro terciario, de acuerdo al criterio de Mearns *et al.* (1981).

8. DISCUSIÓN

El lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe presentó una dieta especialista durante verano 2013, con una preferencia por cefalópodos y en menor porcentaje peces, principalmente mictófidios. Considerando que existe gran abundancia en el medio de su presa principal (*Dosidicus gigas*), se podría definir como un consumidor oportunista, al depredar sobre una presa de alta disponibilidad y con una densidad poblacional en aumento. Gracias al tamaño de muestra con que se contó para el análisis de isótopos estables, fue posible identificar la presencia de tres subgrupos con áreas de alimentación distintas. La complementariedad de ambas técnicas permitió identificar por primera vez la variación inter-individual en la dieta de esta especie dentro de la colonia de Isla Guadalupe.

8.1. ANÁLISIS DE EXCRETAS

De las 107 excretas analizadas el 38.3% no contenía ningún tipo de resto identificable, lo cual confirma una de las principales desventajas del método; la falta de estructuras duras ha sido reportado con anterioridad en especies del género *Arctocephalus* así como en pinnípedos en general (Tollit et al., 1997; Bowen, 2000; Browne et al., 2002; Arim & Naya, 2003; Browne et al., 2002; Casper et al., 2006; Bowen & Iverson, 2013). La actividad física del individuo, la cantidad de alimento ingerido, el tamaño y composición ósea de su presa, son factores determinantes en el tiempo de degradación del alimento y erosión de estructuras identificables de las presas (Browne et al., 2002). Cada una de estas variables son específicas para cada especie así como entre individuos de la misma especie (Bowen & Iverson, 2013).

8.1.1 ESTRUCTURA DE LA DIETA

El análisis de excretas del LFG mostró una gran cantidad de picos de cefalópodos, siendo estos el principal grupo de ítems registrado; sin embargo, la alta prevalencia de picos en las excretas pudo ser sobrevalorado en relación a otros ítems, ya que al ser una estructura compuesta en su mayoría por quitina, el grado de erosión que se presenta es prácticamente nulo, esto aunado a un tamaño mayor con respecto a otras estructuras provoca su acumulación en el estómago del depredador hasta por varios

días (Tollit *et al.*, 1997; Bowen, 2000; Browne *et al.*, 2002; Arim & Naya, 2003; Casper *et al.*, 2006) e incita al individuo a regurgitar para expulsar estas estructuras (Sinclair *et al.*, 1994; Casper *et al.*, 2006; Gallo-Reynoso & Esperón-Rodríguez, 2013;), lo cual fue observado en campo en múltiples ocasiones.

El número de excretas en que se presentaron otolitos fue escaso; además los otolitos encontrados presentaron diferentes grados de erosión, lo que dificultó su identificación a nivel especie. Uno de los factores que contribuye a la erosión de los otolitos son los largos viajes de alimentación que llevan a cabo los individuos de esta especie, lo cual implica un mayor tiempo de retención entre que fue consumida la presa y se haya completado la metabolización de este alimento (Tollit *et al.*, 1997).

En el experimento realizado Murie & Lavigne (1986) se demostró que la probabilidad de recuperar otolitos en las excretas de los pinnípedos disminuye de forma lineal conforme aumenta el tiempo de haber sido consumida la presa, por lo que también el tiempo de evacuación y tratamiento de las muestras pudieron ser un factor en el bajo porcentaje de aparición de los peces en la dieta del LFG.

Los restos de crustáceos encontrados en dos de las excretas presentaron un gran deterioro por lo que no pudieron ser cuantificables y por lo tanto no se consideraron en los análisis posteriores; sin embargo, dadas las características observables dichos restos podrían corresponder al langostilla (*Pleuroncodes planipes*) cuya abundancia ha incrementado en la costa Occidental de Baja California (Aurioles-Gamboa & Pérez-Flores, 1997). Adicionalmente, esta especie ha sido reportada anteriormente por (Aurioles-Gamboa & Camacho-Ríos, 2007; Pablo, 2009) como parte de la dieta del LFG en Isla San Benito.

La presencia de pasto marino en la dieta del LFG, así como de otros pinnípedos, ya ha sido señalada por Hernández-Montoya (2009) quien reportó la presencia del género *Phyllospadix* en el 40% de las excretas analizadas del LFG en 2006, similar a lo reportado en este trabajo. Sin embargo, pese a la frecuencia de los pastos en el análisis de excretas, no se consideran como parte de la dieta de este lobo fino, sino como un consumo accidental al capturar presas demersales o como un purgante al

igual que lo usan algunos mamíferos terrestres (Aurioles-Gamboa & Camacho-Ríos, 2007). Esta última hipótesis puede ser la más probable, en el caso de este trabajo, ya que en todas las excretas donde se registraron pastos, también se encontró algún resto de cefalópodos, ya fueran picos o ventosas; así mismo los vómitos observados en campo consistían en picos de cefalópodos y pasto marino.

Por último el pelo observado durante el tamizado de las excretas es reportado por primera vez en esta especie y constituyó el 26% de las muestras. Existen dos posibles orígenes para este pelo: 1) el auto acicalamiento, el cual se ha reportado que en cautiverio constituye entre el 5-28% de su actividad diaria, lo que ocasionaría una ingesta accidental del pelaje (Feldman & Parrott, 1996) y 2) el acicalamiento de hembras hacia sus crías (Gallo-Reynoso, 1994). Con el fin de distinguir el origen entre ambas opciones sería necesario realizar un análisis de isótopos estables para evaluar si su firma isotópica se asemeja más a la de las crías o a la de adultos.

8.1.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de muestra obtenido en este estudio es de gran aporte al conocimiento de la dieta del LFG ya que los pocos estudios realizados en Isla Guadalupe sobre la dieta de esta especie cuentan con un número reducido de muestras (Gallo-Reynoso & Figueroa, 1993; Gallo-Reynoso, 1994;) o por el contrario, aquellos que reportan un número mayor se trata de la suma de muestreos a lo largo de diversas temporadas (Hernández, 2009). Si bien resulta imposible identificar la totalidad de las presas que pueden ser consumidas por el LFG, el ampliar el tamaño de muestra también permite incorporar aquellas especies raras que forman parte de la dieta de las especies, pero que no suelen considerarse (Magurran, 2004). En este sentido es necesario estandarizar la riqueza de especies obtenida mediante las curvas de acumulación de especies, ya que hace comparable los resultados con otros trabajos que utilizan la misma metodología (Willott, 2001; Jiménez-Valverde & Hortal, 2003;).

El resultado de la curva de acumulación de especies determinó la excreta 47 como el número adecuado para representar la dieta del LFG, lo que indica que el muestreo superó en un 34% a la cantidad requerida.

8.1.2. ESPECTRO TRÓFICO

El espectro trófico del LFG estuvo representado por doce especies; cuatro calamares y ocho peces; sin embargo, los calamares fueron los que representaron el mayor porcentaje de la dieta, al igual que en otros miembros de la subfamilia, como el lobo fino subantártico (*A. tropicalis*), de Nueva Zelanda (*A. forsteri*) y el Juan Fernández (*A. philippii*). Estos resultados confirman lo reportado por Fiscus (1982), donde las especies con hábitos oceánicos suelen alimentarse con mayor frecuencia de cefalópodos, mientras que los que se distribuyen en áreas costeras incorporan mayoritariamente peces en su dieta.

El porcentaje de importancia de los cefalópodos en la dieta del LFG fue de 89% con respecto al 11% que representaron los peces. Esta proporción es similar a lo reportado por otros autores (Gallo-Reynoso & Esperón-Rodríguez, 2013) mientras que en el trabajo de Gallo-Reynoso & Figueroa (1993) los calamares fueron los únicos componentes de la dieta de esta especie.

La especie con mayor importancia fue el calamar gigante *Dosidicus gigas*, con más del 50% de importancia de la dieta. Esta especie es reportada como parte de la dieta del LFG en todos los estudios previos (Gallo-Reynoso, 1994; Hanni *et al.*, 1997; Gallo *et al.*, 2005; Auriolles-Gamboa & Camacho-Ríos, 2007; Hernández, 2009; Esperon Rodriguez & Gallo Reynoso, 2012); sin embargo, en ninguno de ellos funge como presa principal. Auriolles-Gamboa & Camacho-Ríos (2007) y Esperón-Rodríguez (2008) reportaron un índice de importancia para esta presa de ~10% en el ASB, mientras que para Isla Guadalupe, Hernández (2009) reportó un índice de importancia del 13% para *Dosidicus gigas*. *Onychoteuthis* spp. obtuvo el segundo lugar en importancia durante este estudio.

Gallo-Reynoso (1994) y Gallo-Reynoso *et al.* (2005) reportaron a este calamar como la principal presa del LFG. *Doryteuthis opalescens* ha sido reportada como la presa principal del LFG por la mayoría de autores; sin embargo, durante el presente estudio no se registró ningún pico de este cefalópodo. Dicha alternancia entre el recurso principal de la dieta podría deberse a la disminución de la población de *Doryteuthis*

opalescens a causa de la pesca comercial (Denis *et al.*, 2002) y a su distribución mayormente costera.

Los calamares *Abraliopsis* spp. y *Eucleoteuthis* spp. también fueron registrados en la dieta del LFG por Gallo-Reynoso *et al.* (2005), *Eucleoteuthis* spp. representó una parte importante de la dieta, mientras que para el resto de autores solo fueron especies raras.

De los peces registrados como presas en este estudio, la familia Myctophidae fue la más representativa con cuatro de las ocho especies (*Symbolophorus* spp., *Ceratoscopelus* spp., *Tarletonbeania* spp. y *Diaphus* spp.); sin embargo, solo representaron en conjunto el 6.9% de la dieta. Los mictófididos son considerados una presa importante para los depredadores pelágicos con hábitos nocturnos, incluyendo al calamar *Dosidicus gigas* (Choy *et al.*, 2012; Stewart *et al.*, 2014).

La importancia de estos peces en la dieta del LFG es incierta, ya que su presencia en el análisis de excretas podría ser resultado de la ingesta directa ya que pueden ser consumidos por esta especie durante la migración vertical de los mictófididos durante la noche cuando forman grandes agregaciones en superficie; sin embargo, existen estudios donde se ha visto que los otolitos de los mictófididos suelen ser ingeridos de forma indirecta al consumir a otras especies como *Dosidicus gigas*, cuya presa principal son los mictófididos (Ruiz-Cooley *et al.*, 2006; Field *et al.*, 2007).

Otros peces consumidos por el LFG fueron los lenguados *Citharichtys* spp. y *Symphurus* spp., ambos se distribuyen principalmente cerca de la plataforma continental y en menor medida cerca de islas oceánicas (Nelson *et al.*, 2004). No es extraño encontrar presas que se distribuyen cerca de la costa considerando que recientemente se han tenido varios registros de LFG cerca de la plataforma continental de la Península de California y Baja California (Weber & Roletto, 1987; Hanni *et al.*, 1997; Lander, 2000). Existen zonas dentro del rango de alimentación del LFG (± 500 km, Gallo-Reynoso *et al.*, 2008) como Bahía Magdalena, B.C.S. donde esas especies suelen ser explotadas por la pesca artesanales (CONAPESCA, 2015).

Si bien son pocos los individuos que presentaron esta presa en su dieta, este resultado evidenció el amplio territorio de alimentación que aprovecha esta especie. Además de

los mictófidos y lenguados, también se registró una especie de rocote (*Sebastes sp.*); esta especie suele ser importante en la dieta de otros otáridos como el lobo marino de California (*Zalophus californianus*), con el que comparte territorio el LFG, asimismo esta cabrilla es utilizada por los pescadores de la Cooperativa Pesquera de Langosta y Abulón de Isla Guadalupe como parte de su alimentación diaria, ya que puede ser capturada alrededor de la isla sin necesidad de navegar grandes distancias; sin embargo el IIMP de esta especie en el LFG fue mínimo (0.52), por lo que una sobreposición en el aprovechamiento de este recurso tendría un efecto mínimo o nulo sobre la dieta del LFG, quien probablemente la consuma de manera oportunista alrededor de la isla, ya que se ha visto principalmente a individuos juveniles alimentándose de esta presa en las zonas rocosas adyacentes a la isla. Por último este trabajo mostró por primera vez a *Symphurus* spp. como presa del LFG, no obstante esta especie es una presa habitual del lobo marino de California, cuyos hábitos alimentarios se describen como costeros (Aurioles-Gamboa & Camacho-Ríos, 2007). Debido al bajo IIMP en la dieta de nuestra especie en estudio, es de suponerse que esta presa solo fue consumida de manera oportunista.

8.1.3. AMPLITUD DEL ESPECTRO TRÓFICO

El espectro trófico del lobo fino con solo doce especies en su dieta puede ser considerado como un depredador especialista, también con respaldo del índice de Levin (0.19), aunque este índice incrementó al final del período de estudio sigue siendo considerando en espectro trófico reducido.

Esta tendencia especialista coincide con lo ya reportado por otros autores para esta especie (Hernández, 2009; Pablo, 2009). Sin embargo al usar el índice de Levin se da un mayor peso a las especies abundantes, subestimando la importancia de presas raras. Otra desventaja es la imposibilidad de demostrar diferencias temporales y espaciales en el espectro trófico al representarlo con un valor numérico (Marshall & Elliott, 1997).

En los estudios realizados sobre la dieta de esta especie, donde se clasifica como especialista, según el índice de Levin, resalta la dominancia de una sola especie. Esa presa no se mantiene constante con el tiempo, implicando una alternancia según el

recurso más abundante de forma espacial y temporal, contrario a lo que indica la definición del término “especialista” (Gerking, 1994).

Debido a las limitaciones del índice de Levin se utilizó el gráfico de Costello, con las modificaciones de Amundsen *et al.*, (1996). Este gráfico es una forma sencilla de representar visualmente la dieta de un depredador; al contrastar la frecuencia con la abundancia de cada presa permite resaltar la presencia de presas dominantes pero también describe la estrategia de alimentación, recurso que no se obtiene con el índice anterior (Marshall & Elliott, 1997).

Al aplicar este gráfico a nivel de grupos (cefalópodos-peces) el LFG se clasificó como un especialista teutófago, mientras que los peces se sitúan como una presa rara en la dieta del depredador. Esta misma conducta ha sido reportada en esta especie al igual que en otras especies del mismo género: *A. tropicalis*, *A. forsteri* y *A. philippii* (Condy, 1981; Bester, 1987; Torres, 1987; Goldsworthy *et al.*, 1997; Gallo-Reynoso & Esperón-Rodríguez, 2013;).

Sin embargo, el uso de este gráfico a nivel grupo enmascara las variaciones en la selección de presas, lo cual resulta visible en el resultado del gráfico de Costello a nivel especie, en el que *D. gigas* y *Onychoteuthis* spp. se situaron con una tendencia dominante en la dieta del LFG debido a su alta frecuencia; sin embargo la importancia de la presa al estar dividida entre estas dos especies provoca que la abundancia relativa de cada una de ellas no sea la suficiente como para considerar al LFG como un estratega especialista; según Amundsen *et al.* (1996) la distribución de las presas en el diagrama de Costello (1990) correspondería a una alternancia alta entre los individuos que conforman la población, es decir que existen diferencias en el uso de los recursos entre individuos, lo que permite disminuir la competencia interindividual debido a la repartición de recursos, y esto posiblemente se refleje en un crecimiento poblacional de la especie.

Esta estrategia alimenticia es empleada principalmente por especies con una alta densidad poblacional o en crecimiento (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013; Gabler & Amundsen, 2010; Moreno-Sánchez *et al.* 2015; Sánchez-Hernández *et al.*, 2011). La

división de los resultados entre el período de junio-julio correspondiente al tiempo previo al parto y primeros días de cuidado materno, (Gallo-Reynoso *et al.*, 2008) y julio-agosto (primer viaje de alimentación posterior al parto, (Gallo-Reynoso *et al.*, 2008) evidenció la alternancia de recursos entre individuos, ya que el primer período son los calamares los que dominan la dieta, se trata de recursos cuyo aporte energético es mayor (Abitia-Cardenas *et al.*, 1997), lo que posiblemente beneficia la producción de leche con mayor contenido graso y en general aporta mayores reservas de energía que serán necesarios para la hembra durante el primer período de ayuno en que llevará acabo el parto y cuidado materno (Luque & Auriolles-Gamboa, 2001; Kirkman *et al.*, 2003; Gallo-Reynoso & Figueroa-Carranza, 2010); sin embargo, para el segundo período los viajes de alimentación son de menor duración (Gallo-Reynoso *et al.*, 2008), por tanto es probable que las hembras usen recursos que se encuentren cercanos a la isla, lo cual atendiendo a la teoría del forrajeo óptimo, beneficiaría a la hembra al obtener el alimento necesario con el menor gasto de energía aplicado en la búsqueda, ataque y captura (Labropoulou *et al.*, 1997).

Esto explicaría el aumento en la importancia de los mictófididos en la dieta del LFG durante el segundo período (alcanzando una abundancia similar a la de los calamares), ya que esta especie es muy abundante en la zona oceánica, y si bien se distribuye en zonas profundas, durante la noche forman agregaciones en superficie (Sinclair *et al.*, 1994; Watanabe *et al.*, 2006; Choy *et al.*, 2012; Kernaléguen *et al.*, 2012;), las cuales pueden ser aprovechadas por el LFG debido a su rango de buceo promedio (0-30m; Gallo-Reynoso, 2004).

Al hacer una recapitulación sobre la dieta del LFG de Isla Guadalupe en los últimos 20 años, resalta la constante variación entre la selección de presas principales, ya que para 1992-1993 la presa principal fue *Onychoteuthis banksii* (Gallo-Reynoso, 1994), para 1995 la familia *Histoteutidae*, posteriormente *Doryteuthis opalescens* se mantuvo como la presa principal de 1997 a 2007, para Isla Guadalupe, Isla Farallon e Isla San Benito. En el presente estudio cambió hacia *Dosidicus gigas*.

Las razones para el cambio en la preferencia y explotación de recursos alimenticios es incierta; sin embargo las variaciones en la densidad y distribución de presas ha

demostrado ser una de las principales causas de la alternancia en el uso de los recursos (Herreman et al., 2009; Labropoulou et al., 1997; Sánchez-Hernández et al., 2011). Este tipo de estrategias caracterizan a un depredador oportunista (Gerking, 1994).

Este término se refiere a aquellos individuos que explotan recursos anómalamente abundantes en una determinada temporada y/o lugar, y que es capaz de alternar entre recursos cuando su presa actual es sobreexplotada o presenta un declive temporal. Bajo esta descripción la estrategia alimentaria del LFG corresponde a la de un oportunista, y no la de un especialista como se ha clasificado hasta ahora por Auriolles-Gamboa & Camacho-Ríos (2007), Pablo (2009) y Gallo-Reynoso & Esperón-Rodríguez (2013).

Lo anterior con base en la preferencia del LFG por *D. gigas* cuya densidad poblacional ha presentado un aumento acelerado. CONAPESCA reportó para 2006 una captura de 500kg de calamar gigante durante el mes de Julio (año del último de estudio de dieta de LFG en I. Guadalupe; Hernández, 2009) y para 2013 esta cantidad se multiplicó a 93,598.78 kg (Tabla 3). Asimismo su rango de distribución se ha ampliado hasta las costas de Bahía de Monterey y algunos sitios de Alaska, donde históricamente no se tenía registro de esta especie (Field et al., 2007; Wing, 2005).

Tabla 3. Captura de calamar gigante reportada por CONAPESCA en la carta nacional pesquera.

Año	Entidad	Oficina	Mes	Nombre común	Peso vivo (kg)
2006	Baja California	Ensenada	Julio	Calamar gigante	500
2013	Baja California	Ensenada	Julio	Calamar gigante	93,598.78

Stewart et al. (2014) demostraron que uno de los factores a los que se atribuye esta expansión del área de distribución del calamar gigante y su aumento poblacional está regido por el incremento en la disponibilidad de peces mictófidios, ya que estos quedan acorralados dentro de los límites naturales creados por cambios en la concentración de oxígeno, limitando verticalmente su área de distribución dentro de la zona de oxígeno limitado (área con concentración de 20-60 $\mu\text{mol kg}^{-1}$; (Stewart et al., 2013), la cual es

comprimida como resultado de la somerización de la zona mínima de oxígeno (ZMO), que se ha expandido en los últimos 50 años y se prevé que esta expansión continúe a medida que se incremente el calentamiento global (Gilly *et al.*, 2011).

Aunado a ello Waluda *et al.* (2006) indicaron que el calamar gigante presenta una gran adaptabilidad a cambios climáticos, ya que durante fenómenos como El Niño y La Niña, la abundancia de esta especie disminuyó en Perú, zona de principal captura en el hemisferio Sur, mientras que en áreas del Centro y Norte del Pacífico Oriental su abundancia incrementó de forma considerable, al tiempo que se amplía su área de distribución.

8.1.4. NIVEL TRÓFICO

En este estudio el LFG se ubicó en un nivel trófico de 4.6 lo que categoriza como un consumidor carnívoro terciario, este valor resulta elevado si se compara con lo propuesto por Pauly & Trites (1998) quienes colocan a esta especie con un nivel trófico de 3.9, también por debajo del valor trófico de otros congéneres como *A. philippii*, *A. galapagoensis*, *A. forsteri* y *A. tropicalis*, entre otros.

Esta diferencia es atribuida a un mayor porcentaje de calamares pequeños y grandes según la composición de la dieta de estas especies propuesta por estos autores. Otros autores proponen un nivel trófico que va de 3.9 a 4.29, que aún sigue estando por debajo de lo registrado en este trabajo (Tabla 4). En todos estos estudios resalta la importancia de *Doryteuthis opalescens*, que comparado con *D. gigas* presenta un nivel trófico menor, ya que se trata de una especie de menor tamaño que *D. gigas*.

Mientras que *D. opalescens* se caracteriza por formar agregaciones en la zona costera, donde se alimenta de crustáceos, peces pequeños y otros calamares juveniles (Denis *et al.*, 2002), a diferencia de *D. gigas* que se caracteriza por ser un depredador voraz que consume otros peces carnívoros, crustáceos y otros calamares de gran tamaño, además crean grupos de alimentación lo que les permite atrapar presas de mayor tamaño; incluso se ha reportado un efecto negativo de la presencia de esta especie sobre los cardúmenes de peces de importancia comercial como la merluza *Merluccius*

productus (Field *et al.*, 2007). Al aumentar la proporción de *D. gigas* en la dieta del LFG es de esperarse que incremente su nivel trófico.

Queda claro que la estrategia oportunista del LFG le ha permitido adaptarse a los cambios en la disponibilidad de sus presas, siendo beneficiado por el incremento exponencial en la abundancia del calamar gigante; sin embargo no debemos ignorar que la técnica de análisis de estructuras duras en excretas presenta diversas limitantes, por ello es recomendable realizar otras técnicas como el análisis de ADN de presas en excretas, que permite conocer de manera cuantitativa la importancia de presas que dada su composición son degradadas en su totalidad durante el proceso digestivo y por tanto subestimadas en este estudio (Bowen & Iverson, 2013; Casper *et al.*, 2007; Deagle & Tollit, 2007). La técnica de escatología molecular no fue aplicada durante este estudio, a cambio se utilizó el método de análisis de isótopos estables de N y C como técnica complementaria al análisis de estructuras duras en excretas.

Tabla 4. Estudios de la dieta del lobo fino de Guadalupe que reportan el nivel trófico y presa principal del lobo fino de Guadalupe.

Autor	Área	Nivel trófico	Presa principal
Pauly & Trites (1998)	NE	3.9	Pequeños calamares y pelágicos menores
Camacho-Ríos (2007)	Archipiélago de San Benito	4.22	<i>Doryteuthis opalescens</i>
Hernández (2009)	Isla Guadalupe	4.29	<i>Doryteuthis opalescens</i>
Pablo (2009)	Archipiélago de San Benito	3.9	<i>Doryteuthis opalescens</i>
Amador-Capitanachi (2015)	Archipiélago de San Benito	4.0	<i>Doryteuthis opalescens</i>
Presente estudio	Isla Guadalupe	4.6	<i>Dosidicus gigas</i>

8.2. ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES

La señal isotópica obtenida para el LFG es resultado de un conjunto de factores como la composición de su dieta, la variedad de especies de presas consumidas, la homogeneidad de presas con el tiempo, los diversos niveles tróficos correspondientes a sus presas, las áreas de alimentación, la fisiología del individuo, así como la composición del tejido a analizar y su respectiva tasa de recambio (Bearhop *et al.*, 2004).

En este caso la señal isotópica obtenida de -17.6‰ para $\delta^{13}\text{C}$ y 18.3‰ para $\delta^{15}\text{N}$ es el valor correspondiente de la cría. Este valor puede ser utilizado como reflejo del nicho

isotópico de su madre, ya que durante la etapa de lactancia consume únicamente leche materna, por lo que su señal isotópica es derivada del catabolismo de la leche materna (Newsome *et al.*, 2006; Habran *et al.*, 2010).

Si se deseara conocer el valor isotópico de la madre habría que hacer una corrección ya que el valor del $\delta^{15}\text{N}$ de la cría está enriquecido en función de la calidad de la proteína contenida en la leche, que normalmente incrementa entre $\sim 2\text{‰}$ – 4‰ (Newsome *et al.*, 2006). Por su parte la corrección del valor del $\delta^{13}\text{C}$ se vuelve un tanto complicada, pues la leche de los otáridos está compuesta entre un 30-40% de grasa, lo que implica valores bajos de $\delta^{13}\text{C}$ por el enriquecimiento en el isótopo liviano de ^{12}C (DeNiro & Epstein, 1978), dejando la señal del $\delta^{13}\text{C}$ de la cría $\sim 1\text{‰}$ por debajo de la señal de la madre como resultado del efecto del catabolismo de lípidos.

A pesar de este desfase un gran número de trabajos se han realizado empleando la señal de las crías de diversas especies de otáridos, permitiendo así las comparaciones en función de las mismas clases de edad y el mismo tejido (Porras-Peters *et al.*, 2008; Auriol-Gamboa *et al.*, 2009; Páez-Rosas & Auriol-Gamboa, 2010; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013a; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013b).

En el caso del LFG solo existen dos trabajos previos que han empleado la técnica de isótopos estables como indicador de nivel, amplitud y superposición trófica, el primero (Pablo, 2009) reporta valores de $\delta^{15}\text{N}$ de $18.34 \pm 0.44\text{‰}$ y de $-16.34 \pm 0.23\text{‰}$ de $\delta^{13}\text{C}$ para lobos finos de San Benito.

El segundo trabajo elaborado por Amador-Capitanachi (2015) fue llevado a cabo simultáneamente con este estudio pero en el ASB, sin embargo mostró valores distintos de $\delta^{15}\text{N}$ ($18.82 \pm 0.39\text{‰}$) y $\delta^{13}\text{C}$ ($-17.09 \pm 0.40\text{‰}$), esta diferencia puede ser explicada en función de dos factores. El primero consiste en un gradiente latitudinal entre las dos islas, ya que se ha demostrado que el $\delta^{13}\text{C}$ se ve empobrecido a medida que aumenta la latitud ($\sim 5^\circ$; Auriol *et al.*, 2006) debido que el enfriamiento de las aguas aumenta la solubilidad del CO_2 , que está enriquecido en ^{12}C , alterando así la relación ^{13}C , ^{12}C de manera negativa para la concentración del isótopo pesado.

Un efecto similar surge en el ^{15}N ya que al enfriarse las aguas conforme la latitud, disminuye la actividad enzimática de las bacterias desnitrificadoras, que se encuentran asociadas a la capa mínima de oxígeno, las cuales se somerizan a medida que incrementa la temperatura superficial del mar, lo que provoca en estas áreas la producción regenerada reduzcan una gran cantidad de nitratos, teniendo como consecuencia que la red trófica presente desde su base valores enriquecidos de ^{15}N (Aurioles *et al.*, 2006; Riofrío-Lazo *et al.*, 2012, White *et al.*, 2012; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013;). Cabe mencionar que en el ASB la profundidad de la ZMO parte desde los ~200m por lo que su señal enriquecida de ^{15}N puede reflejarse en superficie por procesos de advección, provocando que la señal del $\delta^{15}\text{N}$ que se incorpora a la cadena trófica parta de una señal más alta (7‰) con respecto al $\delta^{15}\text{N}$ de la MOP en Isla Guadalupe (4‰), donde la profundidad de la ZMO es de ~400m y no logra reflejarse en superficie (Aguñiga *et al.*, 2011).

El segundo factor está asociado a la diversificación de la dieta entre colonias y un gradiente longitudinal, puesto que ya se ha reportado que el LFG del Archipiélago San Benito se alimenta principalmente de *D. opalescens* y que debido a su distribución más costera presenta valores de $\delta^{13}\text{C}$ más altos por la presencia de algas macrofitas y pastos marinos, así como la generación de producción primaria nueva que consume el isótopo más ligero de C proveniente de la asimilación CO_2 . Igualmente esta variación entre presas en ambas islas explicaría los valores de $\delta^{15}\text{N}$ ya que *D. opalescens* presenta un nivel trófico menor al de *D. gigas* que es la presa principal en isla Guadalupe (Minagawa & Wada, 1984a; Pearson *et al.*, 2003; Fuller *et al.*, 2005; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013a).

Estos dos factores podrían explicar claramente las diferencias, sin embargo se debe ser cautelosos a la hora de generar conclusiones, ya que se trata de dos trabajos realizados en tiempos distintos, y es sabido que la materia orgánica particulada (MOP) cambia constantemente sus valores, como resultado del forzamiento oceanográfico provocado por la somerización de la capa mínima de oxígeno (Ruiz-Cooley *et al.*, 2006; Gilly *et al.*, 2011; White *et al.*, 2012).

8.2.1. AMPLITUD DEL NICHOS ISOTÓPICO

Dado que la varianza del nicho isotópico fue menor a 1, se consideró que el LFG muestra una dieta especialista, según lo propuesto por Bearhop *et al.* (2004) y Newsome *et al.* (2007). Sin embargo, al ver la amplitud de este nicho mediante el análisis de polígonos convexos es evidente que existe más variación que la que la elipse logra englobar, lo que sugiere que los datos corresponden a más de una población estadística. Por ello al realizar el análisis multidimensional se evidencia que los polígonos convexos se ven mejor representados por las elipses creadas en función de los tres subgrupos derivados de la ordenación jerárquica. Esta subdivisión implica que existe una variabilidad intra-específica, que denota estrategias de alimentación distintas, lo cual ya ha sido reportado como una estrategia de las poblaciones para disminuir la competencia entre sus conespecíficos (Aurioles-Gamboa *et al.*, 2009; F. Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013a)

La estrategia alimentaria de estos tres grupos es diversa entre sí, el grupo 1 se trató de organismos que se estarían alimentando en la zona oceánica pero en un nivel trófico bajo, posiblemente de algún pez mictófico como presa principal, tal y como lo sugiere el análisis de excretas. El segundo grupo presentó un uso de área semejante al primero, pero con un nivel trófico superior, lo cual podría ser explicado por el consumo de calamares en la zona oceánica.

El último grupo y el más diverso, presenta una estrategia alimentaria con el mayor nivel trófico, pero también con los valores más altos de $\delta^{15}\text{N}$; la estrategia alimentaria que mejor describe estos valores sería la de un uso de hábitat costero, lo que influiría a su vez en los valores de ^{15}N debido a la influencia de las zonas de desnitrificación o simplemente como resultado de la depredación sobre especies de mayor nivel trófico.

Esta alimentación costera explicaría la presencia de otolitos de peces que solo suelen distribuirse en la zona costera. La diversificación en las estrategias de alimentación en el LFG, ya fue descrita anteriormente por Gallo *et al.* (2008) quien a través del uso de marcas satelitales colocadas en hembras adultas demostró que durante los viajes de alimentación no siempre se sigue el mismo patrón.

En ese trabajo la primera hembra marcada se desplazó hacia el noroeste de la Isla Guadalupe, en su segundo viaje de alimentación se dirigió hacia el sureste de la isla hasta los ~24°N acercándose hacia la península de Baja California a la altura de Isla Cedros (4,092km). La segunda hembra inició su viaje hacia el noroeste de la Isla Guadalupe y posteriormente hacia el sur manteniéndose en un área cercana a la costa (2,508.6 km). Por último, la tercera hembra se desplazó hacia el sureste de la isla Guadalupe manteniéndose en todo momento alejada de la península de Baja California (2,196.5 km).

8.2.2. NIVEL TRÓFICO

Dado que el algoritmo de Post (2002) requiere de una señal isotópica cercana a la base, durante el muestreo (verano 2013) se intentó obtener una muestra de un consumidor secundario; sin embargo no fue posible. Para disminuir este sesgo se buscó en la literatura una especie (presa) que fuera lo más similar en espacio y tiempo con el presente estudio, por lo que se eligió a la sardina de Pacífico (*Sardinops sagax*) muestreada dentro del sistema de la Corriente de California durante 2014.

8.3. COMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS

Los resultados de ambas técnicas fueron complementarios entre sí, especialmente en la paridad de los valores de nivel trófico calculados mediante ambos análisis, el nivel trófico calculado mediante el algoritmo de Post (2002) no presentó diferencias en el valor obtenido con la ecuación de Christensen y Pauly (1992) para el análisis de excretas. Ambas aproximaciones concluyeron que con un nivel trófico de 4.5 el LFG se cataloga como un consumidor carnívoro terciario (Mearns *et al.*, 1981).

Por otra parte las dos técnicas reflejan la formación de grupos alimentarios o la concordancia entre valores de $\delta^{13}\text{C}$ predominantemente bajos y la identificación de presas (calamares) de hábitat mayoritariamente oceánico, lo que indica diferentes áreas de alimentación, así como cambios en las presas principales.

Sin embargo, quedan algunos sesgos que no fue posible evitar. Debido a lo anterior se propone continuar con el monitoreo de esta especie en años siguientes, incluyendo técnicas que permitan conocer presas que son degradadas completamente, así mismo

se sugiere la implementación de modelos de mezcla para determinar cuál es la abundancia relativa de las presas que contribuye a la señal isotópica del depredador. Por último es recomendable monitorear también la dieta y los valores isotópicos de las presas para contar con valores actualizados y correspondientes al área de estudio.

En resumen el lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe presentó una dieta especialista durante verano 2013, con preferencia por cefalópodos y en un menor porcentaje de peces, principalmente mictófidios. Sin embargo, al evaluar la disponibilidad de su presa principal (*Dosidicus gigas*) en el medio, se podría definir como un consumidor oportunista al depredar sobre una presa de alta abundancia en el medio. Gracias al tamaño de muestra con que se contó para el análisis de isótopos estables, fue posible identificar la presencia de tres subgrupos con tendencias alimentarias diferentes entre sí. Ambas técnicas apuntaron hacia esta diferenciación interindividual de dietas dentro de la colonia de Isla Guadalupe, contribuyendo con información ecológica sin precedente para la especie.

9. CONCLUSIONES

- El lobo fino de Guadalupe presentó una dieta teutófaga durante la temporada reproductiva 2013, con el calamar gigante (*Dosidicus gigas*) como principal presa. La importancia de los peces en la dieta del lobo fino de Guadalupe fue mínima, siendo los mictófidios el grupo de mayor importancia.
- El cambio de presa principal en la dieta del lobo fino de Guadalupe, dentro de la temporada reproductiva 2013 y con respecto a años anteriores, denota una estrategia alimentaria de tipo oportunista y no especialista, como se ha catalogado en estudios anteriores, ya que depreda sobre la especie(s) de mayor abundancia.
- Los cambios ambientales como la somerización de la capa mínima de oxígeno en algunas zonas del Pacífico Oriental han generado que la distribución de *D. gigas* se amplíe a latitudes altas, lo que ha favorecido al lobo fino de Guadalupe al aumentar la disponibilidad de encontrar a este calamar en sus sitios de alimentación.
- La amplitud del nicho isotópico es explicado por tres diferentes estrategias de alimentación, la primera y segunda correspondieron a un uso de hábitat oceánico, pero con un nivel trófico inferior para el primer grupo, la tercera estrategia mostró una probable cercanía hacia valores isotópicos más costeros.
- Ambas técnicas determinaron un mismo nivel trófico correspondiente a un consumidor carnívoro terciario, así mismo revelan variaciones interindividuales en las estrategias de alimentación, lo que podría favorecer a la especie al reducir la competencia intraespecífica.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abitia-Cardenas, L. A., F. Galvan-Magaña, & J. Rodriguez-Romero. 1997. Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico. *Fishery Bulletin*, 95(2): 360–368.
- Amundsen, P.A., H.M. Gabler & F.J. Staldvik. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*, 48(4): 607–614.
- Arim, M. & D.E. Naya. 2003. Pinniped diets inferred from scats: analysis of biases in prey occurrence. *Canadian Journal of Zoology*, 81: 67-73.
- Aurioles, D., P.L. Koch & B.J. Le Boeuf. 2006. Differences in foraging location of Mexican and California elephant seals: Evidence from stable isotopes in pups. *Marine Mammal Science*, 22(2): 326–338.
- Aurioles-Gamboa, D. & F.J. Camacho-Ríos. 2007. Diet and Feeding Overlap of Two Otariids, *Zalophus californianus* and *Arctocephalus townsendi*: Implications to Survive Environmental Uncertainty. *Aquatic Mammals*, 33(3): 315–326.
- Aurioles-Gamboa, D., S.D. Newsome, S. Salazar-Pico & P.L. Koch. 2009. Stable Isotope Differences between Sea Lions (*Zalophus*) from the Gulf of California and Galápagos Islands. *Journal of Mammalogy*, 90(6): 1410-1420.
- Aurioles-Gamboa, D. & R. Pérez-Flores. 1997. Seasonal and Bathymetric Changes in Feeding Habits of the Benthic Red Crab *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheididae) Off the Pacific Coast of Baja California Sur, Mexico. *Crustaceana*, 70 (3): 272-287
- Bearhop, S., C. Adams, S. Waldron, R. Fuller & H. Macleod. 2004. Determining trophic niche width : a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Ani*, 73(5): 1007–1012.
- Bernardi, G., S.R. Fain, J.P. Gallo-Reynoso, A.L. Figueroa-Carranza & B.J. Le Boeuf. 1998. Genetic variability in Guadalupe fur seals. (*Arctocephalus townsendi*). *Journal of Heredity* 89(4):301-305.
- Bowen, W. D. (2000). Reconstruction of pinniped diets: accounting for complete digestion of otoliths and cephalopod beaks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(5): 898-905.
- Bowen, W. D., & Iverson, S. J. (2013). Methods of estimating marine mammal diets: A review of validation experiments and sources of bias and uncertainty. *Marine*

Mammal Science, 29(4): 719–754.

- Browne, P., J.L. Laake & R.L. DeLong. 2002. Improving pinniped diet analyses through identification of multiple skeletal structures in fecal samples. *Fishery Bulletin*, 100(3): 423–433.
- Carlisle, A. B., K.J. Goldman, S.Y. Litvi, D.J. Madigan, J.S. Bigman, A.M. Swithenbank, T.C. Kline & B.A. Block. 2015. Stable isotope analysis of vertebrae reveals ontogenetic changes in habitat in an endothermic pelagic shark. *Proc. R. Soc. B*, 282: 20141446.
- Casper, R. M., N.J. Gales, M.A. Hindell & S.M. Robinson. 2006. Diet estimation based on an integrated mixed prey feeding experiment using *Arctocephalus* seals. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 328(2): 228–239.
- Casper, R. M., S.N. Jarman, B.E. Deagle, N.J. Gales, & M.A. Hindell. 2007. Detecting prey from DNA in predator scats: A comparison with morphological analysis, using *Arctocephalus* seals fed a known diet. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 347(1-2): 144–154.
- Choy, C. A., P.C. Davison, J. C. Drazen, A. Flynn, E.J. Gier, J.C. Hoffman, J.P. McClain-Counts, T.W. Miller, B.N. Popp, S.W. Ross & T.T. Sutton. 2012. Global Trophic Position Comparison of Two Dominant Mesopelagic Fish Families (Myctophidae, Stomiidae) Using Amino Acid Nitrogen Isotopic Analyses. *PLoS ONE*, 7(11):e50133.
- Christensen, V. & D. Pauly. 1992. ECOPATH II — a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modelling*, 61 (3-4):169-185.
- Clarke, K.R. & R. Gorley. 2006. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. Plymouth: PRIMER-E.
- da Silva, J., & D.J. Neilson, 1985. Limitations of Using Otoliths Recovered in Scats to Estimate Prey Consumption in Seals. *Fisheries and Aquatic Science*, 42:1439–1442.
- Deagle, B. E. & D.J. Tollit. 2007. Quantitative analysis of prey DNA in pinniped faeces: Potential to estimate diet composition? *Conservation Genetics*, 8(3): 743–747.
- DeNiro, M. J. & S. Epstein, S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42(5): 495-506.
- Denis, V., L. Lejeune & J.P. Robin. 2002. Spatio-temporal analysis of commercial trawler data using General Additive models: patterns of Loliginid abundance in the

- north-east Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 59(2000): 633–648.
- Elorriaga-Verplancken, F., D. Auriolles-Gamboa, S.D. Newsome, & Martínez-Díaz S. F. 2013. $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values in dental collagen as a proxy for age- and sex-related variation in foraging strategies of California sea lions. *Marine Biology*, 160(3): 641–652.
- Elorriaga-Verplancken, F. R. 2009. Variación de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en colágeno dental de lobos marinos del género *Zalophus*. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. 142p.
- Elorriaga-Verplancken, F. R., L.M.L. Hadrys, X.G. Moreno-Sánchez & I. Mendoza-Salas. 2013. Inferences on the diet of the eastern pacific harbor seal (*Phoca vitulina richardii*) at the southern end of its distribution: Stable isotopes and scats analyses. *Aquatic Mammals*, 39(4): 415–421.
- Esperon Rodriguez, M. & J.P. Gallo Reynoso. 2012. Analysis of the re colonization of San Benito Archipelago by Guadalupe fur seals (*Arctocephalus townsendi*). *Latin American Journal of Aquatic Research*. 40(1): 213-223.
- Esperón-Rodríguez, M. & J.P. Gallo-Reynoso. 2012. Recolonización del archipiélago de San Benito, Baja California, por el lobo fino de Guadalupe. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(1): 170–176.
- Feldman, H. N. & K.M. Parrott. 1996. Grooming in a captive Guadalupe Fur Seal. *Marine Mammal Science*, 12(1): 147–153.
- Field, J. C., K.E.N. Baltz & W.A. Walker. 2007. Range Expansion and Trophic Interactions of the Jumbo Squid , *Dosidicus Gigas* , in the California Current. *California Cooperative Oceanic Fisheries investigations. Reports*, 48(Phillips 1961): 131–146.
- France, R. L. 1995. Carbon-13 enrichment in benthic compared to planktonic algae: foodweb implications. *Marine Ecology Progress Series*, 124(1-3): 307–312.
- Froese, R. & D. Pauly. 2015. Fishbase. Recuperado a partir de www.fishbase.org
- Fuller, B. T., J.L. Fuller, N.E. Sage, D.A. Harris, T.C. O'Connell & R.E.M. Hedges. 2005. Nitrogen balance and $\delta^{15}\text{N}$: why you're not what you eat during nutritional stress. *Rapid communications in mass spectrometry: RCM*, 19(18): 2497–2506.
- Gabler, H. M. & P.A. Amundsen. 2010. Feeding strategies, resource utilisation and potential mechanisms for competitive coexistence of Atlantic salmon and alpine bullhead in a sub-Arctic river. *Aquatic Ecology*, 44(2): 325–336.
- Gallo-Reynoso, J. P. 1994. *Factors Affecting the Population Status of Guadalupe Fur*

- Seal, *Arctocephalus Townsendi* (Merriam, 1897), At Isla De Guadalupe, Baja California, Mexico. University of California.199p.
- Gallo-Reynoso, J. P. & M. Esperón-Rodríguez. 2013. Diet composition of the Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*). Where and what do they eat? *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 46(6): 455–467.
- Gallo-Reynoso, J. P. & A.L. Figueroa-Carranza. 2010. Pup growth of the guadalupe fur seal, *Arctocephalus townsendi*. *Therya*, 1(1): 75–90.
- Gallo-Reynoso, J. P., A.L. Figueroa-Carranza, & B.J. Le Boeuf. 2008. Foraging behavior of lactating Guadalupe fur seal females. *Avances en el Estudio de los Mamíferos de Mexico, II*: 595–614.
- Gallo-Reynoso J.P. & A.L. Figueroa-Carranza. 1993. *Excretas de Arctocephalus townsendi*. *Unpublised data*.
- Gilly, W. F., J.M. Beman, S.Y. Litvin & B.H. Robison. 2011. Oceanographic and Biological Effects of Shoaling of the Oxygen Minimum Zone. *Annual Review of Marine Science*. 5(1).
- Habran, S., C. Debier, D.E. Crocker, D.S. Houser, G. Lepoint, J.M. Bouqueneau & K. Das. 2010. Assessment of gestation, lactation and fasting on stable isotope ratios in northern elephant seals (*Mirounga angustirostris*). *Marine Mammal Science*, 26(4): 880–895.
- Hanni, K. D., D.J. Long, R.E. Jones, P. Pyle & L.E. Morgan. 1997. Sightings and Strandings of Guadalupe Fur Seals in Central and Northern California, 1988-1995. *Journal of Mammalogy*, 78(2): 684–690.
- Hernández, J. 2009. *Distribución, abundancia y estructura alimentaria del lobo fino de Guadalupe (Arctocephalus townsendi) en Isla Guadalupe, México*. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. 97p.
- Herreman, J. K., G.M. Blundell & M. Ben-David. 2009. Evidence of bottom-up control of diet driven by top-down processes in a declining harbor seal *Phoca vitulina richardsi* population. *Marine Ecology Progress Series*, 374(Power 1992): 287–300.
- Hobson, K.A. & H.E. Welch. 1992. Determination of trophic relationships within a high arctic marine food web using $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 84(1): 9–18.
- Hubbs, C. L. 1956. The Guadalupe fur seal still lives! *Zoonoos*, 29(12): 6–9.
- Jiménez-Valverde, A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de*

Aracnología, 8(9): 151–161.

- Kernaléguen, L., B. Cazelles, J.P.Y. Arnould, P. Richard, C. Guinet, & Y. Cherel. 2012. Long-Term Species, Sexual and Individual Variations in Foraging Strategies of Fur Seals Revealed by Stable Isotopes in Whiskers. *PLoS ONE*, 7(3):e32916.
- Kintisch, E. 2015. “The Blob” invades Pacific, flummoxing climate experts. *Marine Science*, 348(6230).
- Kirkman, S., M. Bester, A. Makhado, & P. Pistorius. 2003. Female attendance patterns of Antarctic fur seals at Marion Island. *African Zoology*, 38(2): 402–405.
- Labropoulou, M. & A. Eleftheriou. 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *Journal of Fish Biology*, 50:324–350.
- Lander, M. 2000. Satellite tracking a rehabilitated Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*). *Aquatic Mammals*, 26(2): 137–142.
- Lawson, J. W., G.B. Stenson & D.G. McKinnon. 1995. Diet of harp seals (*Phoca groenlandica*) in nearshore waters of the northwest Atlantic during 1990-1993. *Canadian Journal of Zoology*, 73(10): 1805–1818.
- Lowry, M. S. 2011. *NOAA Technical Memorandum NMFS*.
- Luque, S. P. & D. Aurióles-Gamboa. 2001. Sex differences in body size and body condition of California sea lion (*Zalophus californianus*) pups from the Gulf of California. *Marine Mammal Science*, 17(1): 147–160.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. United Kingdom: Blackwell.
- Marshall, S. & M. Elliott. 1997. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter- and intraspecific feeding relationships in estuarine fish. *Journal of Fish Biology*, 51(3): 526–545.
- Minagawa, M. & E. Wada. 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains : Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48: 1135–1140.
- Moreno-Sánchez, X. G., D.S. Palacios-Salgado, L.A. Abitia-Cárdenas, J.T. Nieto-Navarro, & A.F. Navia. 2015. Diet of the yellowfin snook, *Centropomus robalito* (Actinopterygii: Perciformes: Centropomidae), in the southwestern Gulf of California. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45 (1): 21–29.
- Nelson, J.S., E.J. Crossman, H. Espinosa-Pérez, L.T. Findley, C.R. Gilbert, R. N. Lea & J. D. William. 2004. Common and scientific names of fishes from the United

- States, Canada, and Mexico. *American Fisheries Society*, 29.
- Newsome, S. D., C.M. Del Rio, S. Bearhop & D.L. Phillips. 2007. A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(8):429-436.
- Newsome, S. D., P.L. Koch, M.A. Etnier & D. Aurióles-Gamboa. 2006. Using carbon and nitrogen isotope values to investigate maternal strategies in Northeast Pacific otariids. *Marine Mammal Science*, 22(3): 556–572.
- Pablo, N. (2009). *Amplitud, nivel y superposición trófica de los pinnípedos de Islas San Benito, B.C. México*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. 87p.
- Páez-Rosas, D., & D. Aurióles-Gamboa. 2010. Alimentary niche partitioning in the Galapagos sea lion, *Zalophus worrellbaeki*. *Marine Biology*, 157(12): 2769–2781.
- Parrish, F.A., K. Abernathy, G.J. Marshall & B.M. Buhleier. 2002. Hawaiian monk seals (*Monachus schauinslandi*) foraging in deep-water coral beds. *Marine Mammal Science*, 18(1): 244–258.
- Pauly, D., A.W. Trites, E. Capuli & V. Christensen. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Sciences*, 55: 467–481.
- Pearson, S. F., D.J. Levey, C.H. Greenberg & C. Martínez Del Rio. 2003. Effects of elemental composition on the incorporation of dietary nitrogen and carbon isotopic signatures in an omnivorous songbird. *Oecologia*, 135(4): 516–523.
- Pierce, G. J. & P.R. Boyle. 1991. A Review of Methods for Diet Analysis in Piscivorous Marine Mammals. *Oceanography and Marine Biology*, 29: 409–486.
- Pinnegar, J. & N.V.C. Polunin. 1999. Differential fractionation of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ among fish tissues: implications for the study of trophic interactions. *Functional Ecology*, 13: 225–231.
- Porras-Peters, H., D. Aurióles-Gamboa, V.H. Cruz-Escalona & P.L. Koch. 2008. Trophic level and overlap of sea lions (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. *Marine Mammal Science*, 24(3): 554–576.
- Riofrío-Lazo, M., D. Aurióles-Gamboa, & B.J. Le Boeuf. 2012. Ontogenetic changes in feeding habits of northern elephant seals revealed by $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ analysis of growth layers in teeth. *Marine Ecology Progress Series*, 450: 229–241.
- Ruiz-Cooley, R. I., U. Markaida, D. Gendron & S. Aguíñiga. 2006. Stable isotopes in jumbo squid (*Dosidicus gigas*) beaks to estimate its trophic position: comparison between stomach contents and stable isotopes. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 86(02): 437.

- Sánchez-Hernández, J., R. Vieira-Lanero, M.J. Servia, & F. Cobo, F. 2011. Feeding habits of four sympatric fish species in the Iberian Peninsula: Keys to understanding coexistence using prey traits. *Hydrobiologia*, 667(1): 119–132.
- Santos del Prado, K., & E. Peters. 2005. *Isla Guadalupe: Restauración y conservación*. (R. M. del Pont Lalli, Ed.) (Primera). México.
- Sinclair, E. H., T. Loughlin, & W. Pearcy. 1994. Prey selection by northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) in the eastern Bering Sea. *Fishery Bulletin*, 92: 144–156.
- Stewart, J. S., J.C. Field, U. Markaida & W.F. Gilly. 2013. Behavioral ecology of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in relation to oxygen minimum zones. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 95: 197–208.
- Stewart, J. S., E.L. Hazen, S.J. Bograd, J.E.K. Byrnes, D.G. Foley, W.F. Gilly, B.H. Robinson, J.C. Field. 2014. Combined climate- and prey-mediated range expansion of Humboldt squid (*Dosidicus gigas*), a large marine predator in the California Current System. *Global Change Biology*, 20(6), 1832–1843. <http://doi.org/10.1111/gcb.12502>
- Tollit, D. J., M.J. Steward, P.M. Thompson, G.J. Pierce, M.B. Santos & S. Hughes. 1997. Species and size differences in the digestion of otoliths and beaks: implications for estimates of pinniped diet composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(1): 105–119. <http://doi.org/10.1139/f96-264>
- Valen, L. Van. 1965. Morphological Variation and Width of Ecological Niche. *The American Naturalist*, 99(908):377.
- Waluda, C. M., C. Yamashiro & P.G. Rodhouse. 2006. Influence of the ENSO cycle on the light-fishery for *Dosidicus gigas* in the Peru Current: An analysis of remotely sensed data. *Fisheries Research*, 79(1-2): 56–63.
- Watanabe, H., T. Kubodera, M. Moku & K. Kawaguchi. 2006. Diel vertical migration of squid in the warm core ring and cold water masses in the transition region of the western North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 315: 187–197.
- Weber, D. S., B.S. Stewart & N. Lehman. 2004. Genetic Consequences of a Severe Population Bottleneck in the Guadalupe fur Seal (*Arctocephalus townsendi*). *Journal of Heredity*, 95(2): 144–153.
- Weber, M. A. & J. Roletto. 1987. Two Recent Occurrences of the Guadalupe Fur Seals *Arctocephalus townsendi* in Central California. *Bulletin, Southern California Academy of Sciences*, 86(3):159–163.
- Willott, S. J. 2001. Species accumulation curves and the measure of sampling effort.

Journal of Applied Ecology, 38(2): 484–486.

Wing, B. L. 2005. Unusual invertebrates and fish observed in the Gulf of Alaska , 2004 – 2005. *PICES Press*, 142: 26–28.