

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

ESTRUCTURA POBLACIONAL Y ALIMENTARIA DEL LOBO MARINO DE CALIFORNIA
Zalophus californianus (Lesson, 1828), EN LA ISLA SAN PEDRO NOLASCO, GOLFO DE
CALIFORNIA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA
CON OPCIÓN EN ECOLOGÍA MARINA

PRESENTA:

ISAI DAVID BARBA ACUÑA

Hermosillo, Sonora

Mayo, 2015

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

FORMATO DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de Isai David Barba Acuña la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Licenciado en Biología con Opción en Ecología Marina.



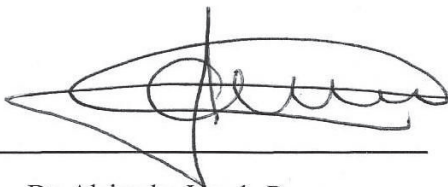
Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso
Director de Tesis



Dr. Eduardo Valdez Holguín
Sinodal Secretario



Dr. Janitzio Égido Villarreal
Sinodal



Dr. Alejandro Varela Romero
Suplente

DEDICATORIA

A mi madre, que siempre me ha apoyado en todo momento.

A ti pasión, ondulación, vals de las olas, frontera del secano, contorno de las islas, espejo, crucigrama, destino, exilio, paraíso, fin de la tierra... comienzo de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad de Sonora, al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas y a la Licenciatura en Biología. Al CIAD-Unidad Guaymas por abrirme las puertas y por el apoyo de la beca recibida durante mi estancia.

Agradezco a mi director de tesis, el Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso, por el tiempo, conocimiento, amistad y por formarme en el campo de la mastozoología marina y biología de la conservación. Por los días de pláticas y discusiones en el laboratorio y las inolvidables salidas de campo a las que lo acompañé y disfrutamos de la naturaleza: los viajes a aquella isla remota, majestuosa e impresionante Isla Guadalupe (casa de los tiburones blancos) a estudiar a los elefantes marinos y lobos finos de Guadalupe, aquel viaje a los ríos de Sonora en busca de nutrias, los cruceros a la Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir a monitorear los cachalotes; por aquellas noches en que apreciábamos la singularidad e inmensidad del universo.

Un agradecimiento Al Dr. Valdez Holguín por enseñarme sobre aquello que me apasiona y llamamos océanos y que es lo que me motiva para seguir en el campo de la Biología marina. Al Dr. Alejandro Varela, por sus comentarios y enseñanzas sobre peces. Gracias Dr. Fernando Elorriaga por el conocimiento compartido sobre el lobo marino de California en aquel crucero. Al Dr. Alf Meling por formarme como biólogo. Al Dr. José Montoya por ayudarme en el análisis estadístico y al Dr. Unai Markaida por la identificación de los picos de cefalópodos.

Gracias a CONANP por el apoyo recibido durante la realización de esta tesis, en especial a Geno, Chapito y a la M.C. Ana Luisa Figueroa.

Gracias a José Luis pescador de la manga y a la tripulación de la embarcación Más Bravo, Don Vicente y Fernando.

Gracias a mis compañeros y amigos de laboratorio: Lakshmi, Anita, Pipo, Cristina, Lucila, Victoria, Ana G, Lumara, Ely y Jackie.

A Chuy Ventura, gracias por tus experiencias, consejos y apoyos. Janitzio Égido por brindarme la amistad de tu hermosa familia. Nestór Quezadas, sin tu apoyo hubiese sido imposible empezar y terminar unos de mis sueños, gracias por la entrega en el campo, tu ayuda, comentarios y por las cahuasakis.

A mis amigos: Sarra, Shino, Juan, Titi, Jotaerre, Erandi, Roja, Vale, Lulu, Oscar, Wero, Hinojo, Miky, Joss, Memín, Om, Mila, Spriu, Uru, Japo, Alonzo, Toño, Dona, Jr., gracias aquel primer día de clases de la Licenciatura y por el último día de clases en el que me comentaste... a hacer ciencia, y por la inolvidable experiencia de acompañarme al mochilazo veracruzano. Gracias Hayde por brindarme la mano en mi estancia en Guaymas. A aquel árbol que fue mi amigo, además me brindo sombra y alimento.

A ti Jackie, que me alentaste y apoyaste en la recta final de esta tesis y en el comienzo de muchos sueños...

Gracias a ti océano por permitirme maravillarme, asombrarme, sentirte y apasionarme en tu gran inmensidad.

ÍNDICE

Acta de aprobación	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice	v
Resumen	vii
Lista de tablas	viii
Lista de figuras	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
II.1. Biología	3
II.2. Distribución y Abundancia	4
II.3. Ecología Trófica	6
II.3.1. Metodologías para evaluar ecología alimentaria en el lobo marino de California	6
II.3.2. Alimentación del lobo marino de California	8
II.3.3. Ecología alimentaria del lobo marino de California en el Golfo de California	9
III. JUSTIFICACIÓN	13
IV. HIPÓTESIS	14
V. OBJETIVOS	15
V.1. Objetivo General	15
V.2. Objetivos Específicos	15
VI. METODOLOGÍA	16
VI.1. Área de Estudio	16
VI.2. Tamaño y Estructura Poblacional	19
VI.3. Estructura Alimentaria	22
VI.3.1. Colecta y diferenciación de heces fecales	22
VI.3.2. Análisis de heces fecales e identificación de especies	25
VI.3.3. Índices ecológicos de alimentación	25

VII. RESULTADOS	28
VII.1. Tamaño y Estructura Poblacional	28
VII.2. Estructura Alimentaria	30
VII.2.1. Hábitos alimentarios de las hembras en invierno	31
VII.2.2. Hábitos alimentarios de las hembras en primavera	34
VII.2.3. Hábitos alimentarios de los machos subadultos en invierno	36
VII.2.4. Hábitos alimentarios de los machos subadultos en primavera	38
VII.2.5. Superposición trófica	40
VIII. DISCUSIÓN	41
VIII.1. Tamaño y Estructura Poblacional	41
VIII.2. Estructura Alimentaria	42
VIII.2.1. Hábitos alimentarios de las hembras	42
VIII.2.2. Hábitos alimentarios de los machos subadultos	45
VIII.2.3. Superposición trófica	48
VIII.3. Metodologías Utilizadas	52
IX. CONCLUSIONES	55
X. LITERATURA CITADA	56
XI. APÉNDICES	78

RESUMEN

El lobo marino de California *Zalophus californianus* es un depredador tope, en el Golfo de California es el único pinnípedo residente, con una población aparentemente declinando. En la Isla San Pedro Nolasco se realizó un censo en cada una de las cuatro estaciones del 2012; mediante una prueba de hipótesis, utilizando la estadística de la razón de verosimilitud se rechazó con una confianza del 95% que las estructuras poblacionales son iguales, por lo que la estructura poblacional en las cuatro estaciones climáticas es diferente. Se realizó un análisis de heces fecales para conocer la estructura alimentaria durante invierno y primavera del 2012. La dieta de las hembras presenta de acuerdo al índice de Shannon-Weiner (H) una diversidad durante invierno de $H=2.38$ y en primavera de $H=2.37$, mediante el índice estandarizado de Levins (B_j) en ambas estaciones fueron depredadores especialistas con valores de $B_j=0.30$ en invierno y de $B_j=0.30$ durante la primavera, el índice de importancia de presa (IIMPi) coloca al pez linternilla (*Triphoturus mexicanus*), la anchoveta (*Engraulis mordax*) y el charrito (*Trachurus symmetricus*) como presas principales en ambas estaciones, explotando primariamente el ambiente pelágico. Los machos subadultos en invierno presentaron una diversidad de $H=3.62$ y en primavera de $H=1.95$, en ambas estaciones se comportaron como depredadores especialistas con valores de $B_j=0.19$ en invierno y de $B_j=0.18$ durante la primavera, el índice de importancia de presa (IIMPi) en invierno coloca al pez sapo (*Porichthys notatus*) y al calamar gigante (*Dosidicus gigas*) como presas principales y en primavera a la argentina del pacífico (*Argentina sialis*) y la merluza (*Merluccius productus*), explotando primariamente el ambiente demersal. Existe una baja superposición trófica entre hembras y machos subadultos en ambas estaciones según el índice de Morisita-Horn con valores en invierno de $C_H=0.07$ y de $C_H=0.06$ durante la primavera.

LISTA DE TABLAS

Tabla I	Fechas de los censos.	19
Tabla II	Características del lobo marino de California por categoría de edad y sexo.	20
Tabla III	Estructura poblacional estacional en el 2012. Donde, Ma= Machos adultos, MSa= Machos subadultos, H= Hembras adultas, J= juveniles, C= crías, M= no identificado.	29
Tabla IV	Resumen del análisis de validación del modelo.	31
Tabla V	Familias, especies de peces y ambientes de las presas de las hembras en invierno.	32
Tabla VI	Familias, especies de cefalópodos y ambientes de las presas de las hembras en invierno.	32
Tabla VII	Familias, especies de peces y ambientes de las presas de las hembras en primavera.	34
Tabla VIII	Familias, especies de cefalópodos y ambientes de las presas de las hembras en primavera.	34
Tabla IX	Familias, especies de peces y ambientes de las presas de los machos subadultos en invierno.	36
Tabla X	Familias, especies de cefalópodos y ambientes de las presas de los machos subadultos en invierno.	37
Tabla XI	Familias, especies de peces y ambientes de las presas de los machos subadultos en primavera.	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Distribución de <i>Zalophus wollebaeki</i> (GSL), <i>Zalophus californianus</i> (CSL) y <i>Zalophus japonicus</i> (JSL) (Wolf et al., 2007).	5
Figura 2	Vibrisas de <i>Zalophus californianus</i> (Mote-Herrera, 2011).	7
Figura 3	Dientes, canino de macho (A) y hembra (B) de lobo marino de California, (Elorriaga-Verplancken et al., 2013).	8
Figura 4	Ubicación de las 13 colonias reproductivas del lobo marino de California en el Golfo de California e Isla San Pedro Nolasco (#11) (Elaborado por Barba-Acuña, Pérez y Sosa y Pérez-Cossío, 2014).	18
Figura 5	Tamaño de la población estacional durante 2012.	28
Figura 6	Estructura de la población estacional durante 2012.	30
Figura 7	Diámetro de heces fecales.	31
Figura 8	IIMPi (%) de las presas de las hembras en invierno.	33
Figura 9	Ambientes explotados por las hembras en invierno.	33
Figura 10	IIMPi (%) de las presas de las hembras en primavera.	35
Figura 11	Ambientes explotados por las hembras en primavera.	35
Figura 12	IIMPi (%) de las presas de los machos subadultos en invierno.	37
Figura 13	Ambientes explotados por los machos subadultos en invierno.	38
Figura 14	IIMPi (%) de las presas de los machos subadultos en primavera.	39
Figura 15	Ambientes explotados por los machos subadultos en primavera.	40
Figura 16	Macho subadulto alimentándose de un calamar (Foto D. Guevara).	47
Figura 17	<i>Dosidicus gigas</i> en el Golfo de California (Morales-Bojórquez, 2002)	47

I. INTRODUCCIÓN

Los pinnípedos comprenden tres familias pertenecientes al orden Carnívora: Otariidae, Odobenidae y Phocidae (Jefferson et al., 1993). Poseen miembros anteriores y posteriores en forma de aleta, que les sirven para su desplazamiento en el agua, donde obtienen su alimento (Feldkamp, 1987). Son depredadores tope (Pauly et al., 1998), se alimentan de peces, invertebrados marinos como cefalópodos y crustáceos, aves e incluso de otros pinnípedos (Lowry y Carretta, 1999; Berta et al., 2006), constituyen parte fundamental de los ecosistemas marinos, contribuyen en la transferencia de nutrientes y energía, además de influir en la complejidad física de su entorno, el rol que efectúan en la dinámica y estructura en el ecosistema marino es característico de cada especie al igual que el hábitat que ocupa (Trites, 1997; Fariña et al., 2003).

En el mundo existe actualmente una especie de odobénido, 19 especies de fócidos y 14 especies de otáridos, que comprenden un poco más de la cuarta parte de la diversidad de mamíferos marinos en el mundo, con un estimado de 50 millones de individuos (Berta et al., 2006). En México residen 4 especies vivas de pinnípedos: la foca común (*Phoca vitulina*), el elefante marino del Norte (*Mirounga angustirostris*), el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*) y el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) (Gallo y Rojas, 1986), la foca monje del caribe (*Monachus tropicalis*) habitaba en el Golfo de México y Caribe Mexicano, sin embargo esta especie fue declarada extinta en 1986 (Le Boeuf et al., 1986; Villa-Ramírez et al., 1986).

En las islas y la costa occidental de la Península de Baja California se distribuyen dos fócidos: la foca común (*P. vitulina*), con una población de alrededor de 1,000 individuos en la década de los 80's (Gallo y Auriolés 1984), estimada recientemente en alrededor de 6,000 individuos (Lubinsky, 2010) y el elefante marino del Norte (*M. angustirostris*) con alrededor de 30,000 individuos (Gallo-Reynoso, 2005; Gallo y Hoyos, 2011). En los otáridos, el lobo fino de Guadalupe (*A. townsendi*) habita en la Isla Guadalupe y en el Archipiélago San Benito

(Gallo-Reynoso, 1994; Esperón y Gallo, 2012), con una población de alrededor de 12,000 y 7,600 individuos respectivamente (Gallo-Reynoso et al., 2005; Esperón y Gallo, 2012). El otro otárido, el lobo marino de California (*Z. californianus*), es el pinnípedo con mayor abundancia y amplia distribución en México (Szteren, 2006), en el Pacífico Mexicano se encuentran alrededor de 87,000 individuos (Lowry y Maravilla, 2005).

En el Golfo de California se han observado individuos de los tres pinnípedos no residentes de este Golfo, la foca común, el elefante marino del Norte y el lobo fino de Guadalupe, que habitan en islas del Pacífico Mexicano, posiblemente lo utilizan como zona alterna de alimentación (Gallo-Reynoso et al., 2010). El lobo marino de California es el único pinnípedo residente en el Golfo de California, con una población declinando y genéticamente diferente a la población de la costa del Pacífico de México; con cerca de 31,000 individuos (Schramm et al., 2009; Szteren, 2006).

Estimar el tamaño y estructura poblacional del lobo marino de California en la Isla San Pedro Nolasco, es importante dado que es una colonia pequeña, relativamente aislada de las otras colonias reproductivas y sus datos de abundancia poblacional han de ser actualizados, además un análisis de riesgo relativo de extirpación sugirió que esta colonia es de las más vulnerables (Szteren, 2006). Dada la importancia ecológica de esta especie al ser un depredador de alto nivel trófico, tener una alta fidelidad y a su longevidad (Porrás-Peters et al., 2008; Elorriaga-Verplancken, 2009; Mejía-Ruíz, 2011), es considerada una especie centinela y un bioindicador del ecosistema (Godínez-Reyes et al., 2006), por lo que es relevante conocer aspectos de su ecología alimentaria (García y Aurióles, 2004; Orr et al., 2011). El lobo marino de California se encuentra sujeto a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

II. ANTECEDENTES

II.1. Biología

El lobo marino de California (*Zalophus californianus*) tiene un marcado dimorfismo sexual que se manifiesta desde el nacimiento (Luque, 1999), posee un sistema de apareamiento poligínico (Bartholomew, 1970), en el cual las hembras eligen a los machos y estos compiten por el apareamiento con hembras (García-Rivas, 2008; Flatz et al., 2012). Son organismos gregarios y forman agrupaciones de larga duración (García-Rivas, 2008), además tiene una alta filopatría (Hernández-Camacho, 2001; Szteren y Auriolles, 2011) y muestra fidelidad al sitio dado que individuos de ambos sexos muestran una preferencia por alguna zona de la lobera (Ortiz-López, 2010; Mejía-Ruíz, 2011).

La proporción sexual al nacer es de 1:1, la tasa de mortalidad de los machos es mayor que la de las hembras desde el primer año de vida, los machos llegan a vivir alrededor de 16 años y las hembras 18 años. Los machos comienzan a reproducirse alrededor de los nueve años de edad, cuando logran el dominio de un territorio en temporada reproductiva; la vida territorial promedio de los machos es de cuatro a seis años (Hernández-Camacho, 2001). Las hembras alcanzan la madurez sexual alrededor de los cinco años de edad y pueden llegar a tener una cría anualmente en los meses de junio a agosto (García y Auriolles, 2003), también se ha documentado la adopción en esta especie (Flatz y Gerber, 2010).

El periodo de lactancia es de alrededor de un año (Elorriaga-Verplancken, 2009), en ocasiones puede prolongarse por dos o tres años (Newsome et al., 2006). Las hembras lactantes efectúan el denominado ciclo de alimentación alternada (Boness y Bowen, 1996); el periodo perinatal dura alrededor de cuatro a cinco días (García-Aguilar, 1999) en el cual la hembra protege y alimenta a su cría, mediante las vocalizaciones y el olfato entabla su reconocimiento (Schusterman y Parijs, 2003), que le permite reconocerla en los periodos

alternados de uno a dos días de cuidado y amamantamiento en tierra, con viajes de alimentación al mar de alrededor de uno a tres días (García y Aurióles, 2003).

Existen distintas estrategias de amamantamiento por parte de las hembras, que depende del sexo de la cría y la presencia de hermanos (Vargas-Canales, 2000), el incremento del peso de las crías machos es mayor que para las hembras (Ramírez-Lozano, 1998). Los neonatos machos que se involucran más en comportamientos activos tienen menores tasas de crecimiento, mientras los que participan más en eventos de amamantamiento tienen mayores tasas de crecimiento (Green et al., 2010). Las hembras pueden estar alimentando a su cría por más de un año, incluso a individuos juveniles (Elorriaga-Verplancken, 2009). Se han registrado casos de amamantamiento a juveniles excluyendo a la cría (Ramírez-Lozano, 1998) y de hembras amamantando a su cría de alrededor de un mes de edad y a su cría (juvenil) del año anterior (Barba-Acuña, 2014. Observación personal. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México).

II.2. Distribución y Abundancia

La población mundial de lobo marino está compuesta por tres especies: *Zalophus japonicus* que habitaba en Japón, considerada actualmente extinta; *Zalophus wolfebaeki* habitante del Archipiélago de Galápagos y *Zalophus californianus* en la costa occidental de Norteamérica (Wolf et al., 2007; Elorriaga-Verplancken, 2009). El lobo marino de California se distribuye en el océano Pacífico nororiental desde la Columbia Británica en Canadá, hasta las Islas Marias en México (Figura 1), incluyendo algunas islas y costas del Golfo de California (Aurióles y Zavala, 1994; Wolf et al., 2007).

Se han reportado avistamientos de individuos de este pinnípedo en Alaska y en las costas del sur de México (Gallo y Ortega, 1986; Gallo y Solórzano, 1991; Maniscalco et al., 2004). Existe un reporte de un neonato en Colima, México, cerca de 900 km al sur de las colonias reproductivas más sureñas reconocidas para la especie en el Golfo de California

(Ortega et al., 2013). El lobo marino de California es el único pinnípedo residente en el Golfo de California, en donde existen 13 colonias reproductivas (Aurioles y Zavala, 1994; Szteren, 2006).

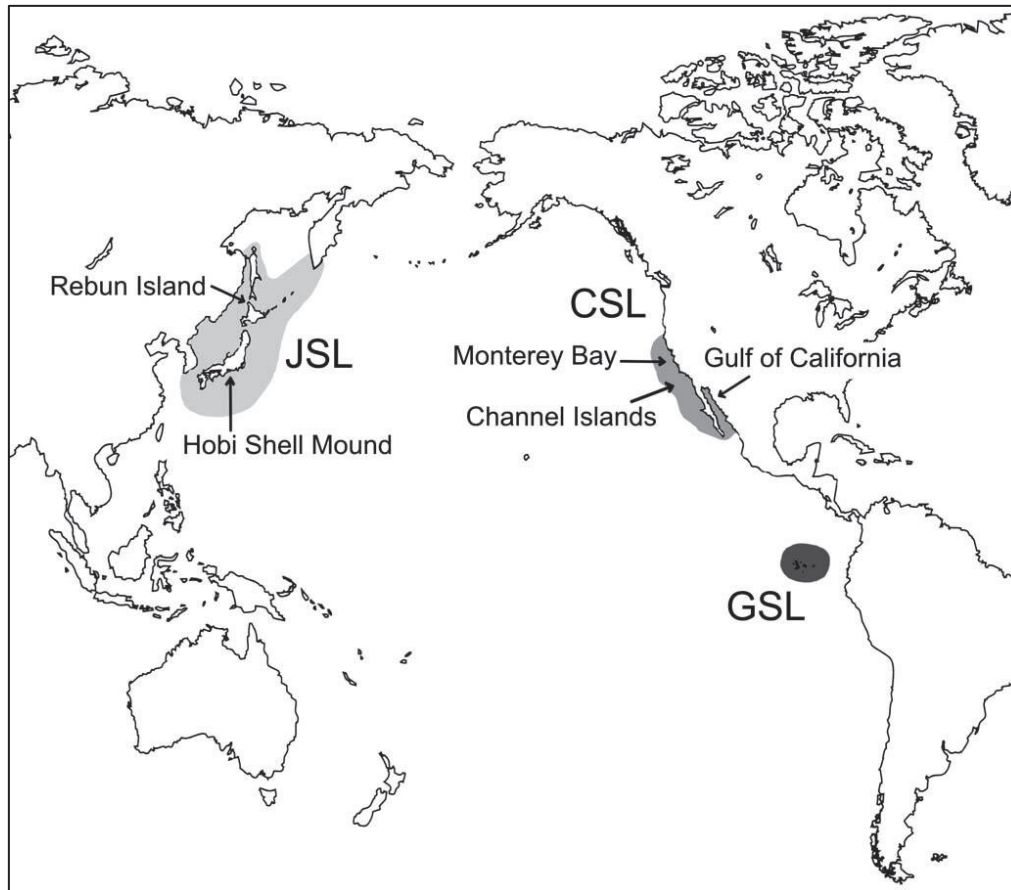


Figura 1. Distribución de *Zalophus wollebaeki* (GSL), *Zalophus californianus* (CSL) y *Zalophus japonicus* (JSL) (Wolf et al., 2007).

El lobo marino de California fue explotado con fines de subsistencia y comerciales (Cass, 1985; Zavala y Mellink, 2000), en el Golfo de California la mayor cacería se realizó en las islas Ángel de la Guarda, San Pedro Mártir y San Pedro Nolasco, entre 1942 y 1964 la cacería se llevó a cabo casi exclusivamente por permisionarios de Guaymas (Zavala, 1999). Se utilizaba la carne, piel, entrañas y principalmente el aceite, las vibrisas se empleaban como ornamentos personales y para limpiar las pipas de opio, su veda total y fin a las cacerías se estableció en 1969, después del estudio poblacional realizado por Lluch-Belda (1969).

A mediados de la década de los 70's algunas personas de Guaymas mataban a los lobos marinos para fabricar chamarras para su propio uso, mientras que en Puerto Peñasco los mataban golpeándolos con rocas para la fabricación de guaraches y cuerdas (Lumholtz, 1990, citado en Zavala, 1999). La etnia Comcáac o Seris los utilizaban como pieles para ropaje y cubrir sus casas y se los comían, hay relatos de la cacería del Xapóo en la Isla San Esteban al arrojarles piedras con gran tino (Felger y Moser 1985). Bowen (2000) relata que los Seris de la Isla San Esteban cazaban a los lobos marinos con piedras, matándolos de una sola pedrada desde zonas altas, arriba de las loberas, después bajaban, descuartizaban al animal, ponían toda la carne en su piel, se la ataban al cuerpo y así se llevaban la carne hasta su campamento.

La población mundial se ha recuperado, ha sido estimada recientemente en 355,000 individuos (Aurioles y Trillmich, 2008), la población del Golfo de California en 1993 se estimó en 31,393 individuos (Aurioles y Zavala, 1994), en 2012 se estimó en 18,127 individuos (Aurioles-Gamboa et al., 2012), declinando la población en los últimos años (Szteren, 2006), sin embargo este otárido no ha sufrido un cuello de botella génico dentro del Golfo de California (González-Suárez et al., 2010).

II.3. Ecología Trófica

II.3.1. Metodologías para evaluar ecología alimentaria en el lobo marino de California

La utilización del análisis de razones isotópicas de nitrógeno y carbono ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$), proporciona información sobre el alimento asimilado y no solo del ingerido para distintos periodos de tiempo dependiendo del tejido que se analice (Porrás-Peters et al., 2008; Elorriaga-Verplancken et al., 2013; Mote-Herrera, 2011) (Figura 2 y 3), además se puede inferir la fuente, composición y flujos de materia orgánica, por lo que ha resultado una herramienta de gran resolución para estudios de relaciones tróficas del lobo marino de California y otros mamíferos marinos (González-Rodríguez, 2002; Niño-Torres et al., 2006;

Rodríguez-Pérez et al., 2010; Aurióles-Gamboa et al., 2013). En muestras de pelo de lobos marinos de California, los valores de la varianza de $\delta^{15}\text{N}$ más altos indican una mayor amplitud trófica (composición de especies presa de distinto nivel trófico), mientras que las varianzas más altas en $\delta^{13}\text{C}$, sugieren el uso de una mayor diversidad de ambientes donde habitan las presas (Aurióles-Gamboa et al., 2012).

El análisis de ácidos grasos en tejidos de *Zalophus californianus* provee información sobre la composición de la dieta, así como sus variaciones estacionales, espaciales e individuales (Castro-González et al., 2003; Cupa-Cedillo, 2007), por lo que puede ser una herramienta más sensible que el análisis de isótopos estables en investigaciones de variabilidad espacial (Salazar-Valenzuela, 2006). Estas técnicas sin embargo no permiten determinar las especies que componen la dieta (Cupa-Cedillo, 2007; Elorriaga-Verplancken, 2009). El estudio de la ecología alimentaria de este pinnípedo mediante el análisis de heces fecales, permite identificar las presas consumidas mediante la morfología distintiva de otolitos de peces y picos de cefalópodos (García-Rodríguez, 1999; Mellink y Romero, 2005), a través de esta técnica el conocimiento de la ictiofauna de algunas áreas puede incrementarse (Balart et al., 1995).



Figura 2. Vibrisas de *Zalophus californianus* (Mote-Herrera, 2011).

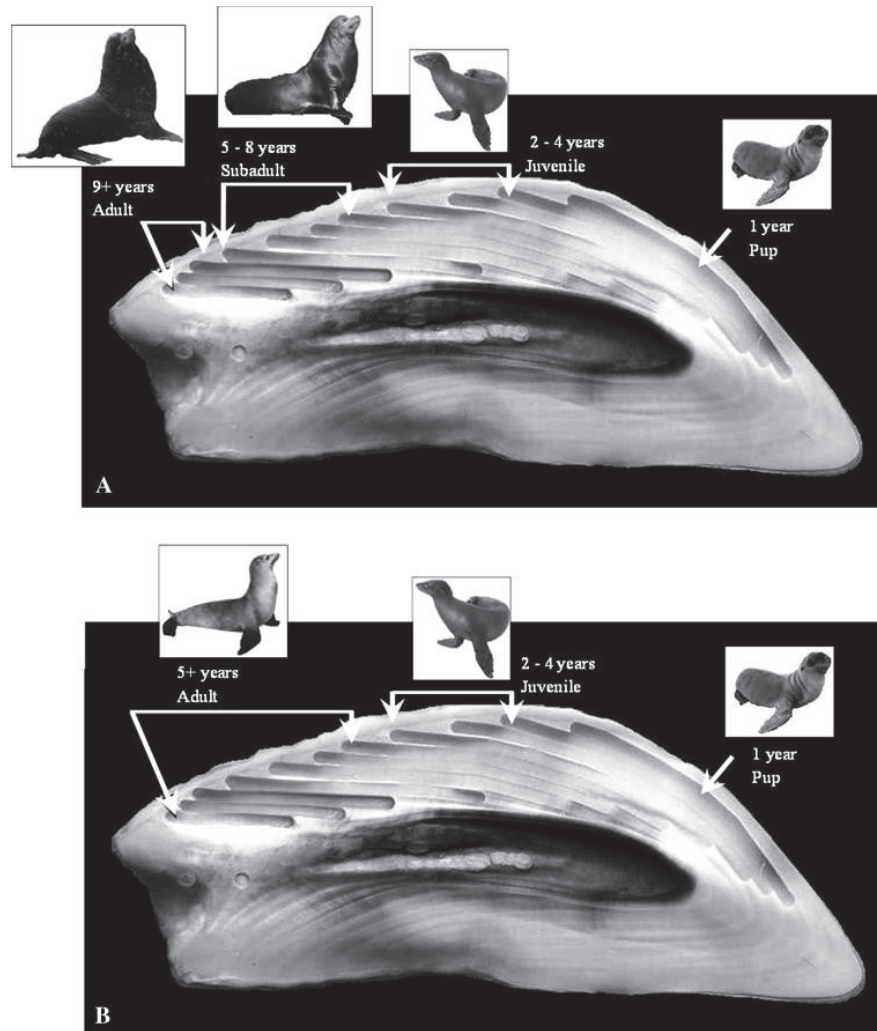


Figura 3. Dientes, canino de macho (A) y hembra (B) de lobo marino de California, (Elorriaga-Verplancken et al., 2013).

II.3.2. Alimentación del lobo marino de California

La alimentación del lobo marino de California consiste principalmente de peces, llega a incluir cefalópodos, ocasionalmente crustáceos y raramente aves (Long y Gilbert, 1997; Lowry y Carretta, 1999; Espinoza, 2007). Este pinnípedo es un depredador de alto nivel trófico (Porrás-Peters et al., 2008) y lo comparte con otras especies de mamíferos y aves marinas (Pauly et al., 1998; Mellink y Romero, 2005). Se alimenta de una gran variedad de especies presa, sin

embargo en pocas de ellas concentra su depredación (García y Aurióles, 2004; Espinoza, 2007), presenta una marcada preferencia por peces y calamares, principalmente pelágicos que representan un alto porcentaje de su dieta (Bautista-Vega, 2002); dado que se alimenta de muchas presas en pocas cantidades y pocas presas en altas frecuencias, es considerado un especialista plástico (Espinoza, 2007).

El espectro alimentario a lo largo de su distribución muestra que se alimenta de 160 especies, las más frecuentes son: anchoveta (*Engraulis mordax*), sardina monterrey (*Sardinops sagax*), merluza (*Merluccius productus*), cintilla (*Trichiurus lepturus*) y el pez sapo (*Porichthys* sp.), considerado carnívoro primario y secundario en la red trófica (Espinoza, 2007). Se han encontrado cambios espaciales y estacionales en la composición del consumo de alimento del lobo marino de California (Salazar-Valenzuela, 2006; García y Aurióles, 2004). Las presas principales son peces que tienden a formar grandes cardúmenes como: la anchoveta (*E. mordax*), merluza (*M. productus*), macarela (*Scomber japonicus*) y charrito (*Trachurus symmetricus*), algunas poblaciones de lobos marinos pueden consumir presas, que son especies de peces y calamares de pesquerías de interés comercial (Aurióles-Gamboa, 1988; Fleischer y Cervantes, 1990; Zavala, 1999; Aurióles-Gamboa et al., 2003; Maravilla-Chávez et al., 2006).

II.3.3. Ecología alimentaria del lobo marino de California en el Golfo de California

Son varios los trabajos que se han realizado en el Golfo de California acerca de la alimentación del lobo marino de California. En el centro del Golfo de California, en la isla Granito en la temporada de reproducción de 1989 durante los meses de junio y julio las presas principales fueron un mictófido (*Diaphus* sp.), el sable (*Trichiurus nitens*) y el granadero (*Coelorhynchus scaphopsis*), mientras que en la lobera los Cantiles en la Isla Ángel de la Guarda un mictófido (*Diaphus* sp.), el sable (*T. nitens*) y la merluza (*Merluccius productus*) fueron las presas principales (Sánchez-Arias, 1992).

García-Rodríguez (1999) trabajó en 7 de las 13 colonias reproductivas del Golfo de California en junio y septiembre de 1995, también en enero y mayo de 1996 para conocer la alimentación del lobo marino en estas islas. En todos los muestreos se observaron diferencias espaciales en la alimentación y en cada sitio cambios temporales, notándose en todos los muestreos un número reducido de presas importantes. En la Isla San Pedro Mártir en junio de 1995 las presas principales fueron la anchoveta (*Engraulis mordax*) y el pez sapo (*Porichthys* sp.), mientras que en septiembre de 1995 fueron el rocote mexicano (*Sebastes macdonaldi*) y un pez no identificado (SPM0695-1), para enero de 1996 solo el ronco ruco (*Haemulopsis leuciscus*) fue presa principal y en mayo de 1996 el pez sapo (*Porichthys* sp.) y el rubio volador (*Prionotus stephanophrys*).

En la Isla San Esteban en junio de 1995 las presas principales fueron el sable (*Trichiurus lepturus*) y la sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), en septiembre de 1995 la sardina monterrey (*S. caeruleus*) y un pez no identificado (CRANCI), para enero de 1996 ninguna presa fue considerada principal (todas presentaron un IIMPi menor al 10%) y en mayo de 1996 dos peces no identificados (SPM0695-1 y MYCTG) forman parte de las presas principales en la dieta. En el Rasito en junio de 1995 las presas principales fueron el pez sapo (*Porichthys* sp.), la macarela (*Scomber japonicus*) y el pulpo (*Octopus* sp.), mientras que en septiembre de 1995 la sardina monterrey (*S. caeruleus*) y el charrito (*Trachurus symmetricus*), en enero de 1996 el granadero (*C. scaphopsis*) y un pez no identificado (SPM0695-1) fueron presas principales y para mayo de 1996 el charrito (*T. symmetricus*), el lapón (*Pontinus* sp.) y el granadero (*C. scaphopsis*) (García-Rodríguez, 1999).

En Los Machos en junio de 1995 las principales presas fueron la sardina monterrey (*S. caeruleus*), macarela (*S. japonicus*), merluza (*Merluccius* sp.) y el sable (*T. lepturus*), en septiembre de 1995 solo la sardina monterrey (*S. caeruleus*), mientras que en enero de 1996 la sardina monterrey (*S. caeruleus*), el rocote mexicano (*S. macdonaldi*) y la macarela (*S. japonicus*). En los Cantiles en junio de 1995 las presas principales fueron el pez sapo (*Porichthys* sp.) y el sable (*T. lepturus*), en septiembre de 1995 el sable (*T. lepturus*), el pez sapo (*Porichthys* sp.) y un pez no identificado (SPM0695-1), en enero de 1996 la sardina monterrey (*S. caeruleus*), la anchoveta (*E. mordax*) y la lengua (*Lepophidium* sp.), mientras

que en mayo de 1996 el sable (*T. lepturus*) y el calamar dardo (*Loliolopsis diomedae*) (García-Rodríguez, 1999).

En la isla Granito en junio de 1995 las presas principales fueron la anchoveta (*E. mordax*) y el sable (*T. lepturus*), en septiembre de 1995 el sable (*T. lepturus*) y el pez sapo (*Porichthys* sp.), en enero de 1996 el lenguado (*Citharichthys* sp.) y la sardina monterrey (*S. caeruleus*) y para mayo de 1996 solo el sable (*T. lepturus*) fue considerada principal. En isla Lobos en junio de 1995 las presas principales fueron la bocona (*Cetengraulis mysticetus*) y el sable (*T. lepturus*), en septiembre de 1995 el sable (*T. lepturus*), la palometa (*Peprilus snyderi*) y el pez sapo (*Porichthys* sp.), en enero de 1996 el pez sapo (*Porichthys* sp.), el sable (*T. lepturus*) y el calamar dardo (*L. diomedae*), mientras que en mayo el pez sapo (*Porichthys* sp.), la bocona (*C. mysticetus*) y el sable (*T. lepturus*) (García-Rodríguez, 1999).

En Los Islotes de septiembre a agosto de 1981 los peces de los géneros *Aulopus*, *Neobythites* y *Pronotogrammus* fueron las presas más comunes (Aurioles-Gamboa et al., 1984). De febrero a septiembre de 1990 las presas principales fueron el pez sapo (*Porichthys notatus*), el sable (*T. nitens*), el lagarto (*Aulopus bajacali*) y el serrano boga (*Pronotogrammus multifasciatus*) y de febrero a noviembre de 1993 las presas principales fueron el serrano ojón (*Pronotogrammus eos*), el serrano boga (*P. multifasciatus*), el lagarto (*A. bajacali*) y el serrano de agua profunda (*Serranus aequidens*). La alimentación en ambos años se basó principalmente en muy pocas presas y a pesar de existir variación a través del tiempo, el lagarto (*A. bajacali*) y el serrano ojón (*P. multifasciatus*) fueron importantes en ambos años, además la parecida estrategia alimentaria en ambos años se reflejó en la diversidad y riqueza específica de presas (García-Rodríguez, 1995).

Posteriormente en Los Islotes durante los veranos de 1996 y 1997 se encontró en ambos años que las presas principales fueron el pez sapo (*P. notatus*), el serrano ojón (*P. eos*), el serrano boga (*P. multifasciatus*) y el chicharro ojón (*Selar crumenophthalmus*), con una mayor diversidad en 1997 (Durán-Lizarraga, 1998); otro estudio realizado de mayo de 2000 a abril de 2001 reporta como presas principales al serrano de agua profunda (*S. aequidens*), el lagarto (*Aulopus* sp.) y el serrano ojón (*P. multifasciatus*) (Cupa-Cedillo, 2007).

En la Isla San Pedro Nolasco durante Septiembre de 2007 la cabrilla (*Paralabrax maculatofasciatus*) fue la especie presa principal, seguida del roncadador blanco (*Genyonemus lineatus*) y una especie de linternilla (*Lampanyctus ritteri*) (Quezadas-Tapia, 2010). En Isla San Jorge en el alto Golfo de California entre febrero de 1998 y marzo de 1999, las presas más importantes fueron el pez sapo (*Porichthys* sp.), corocoro mapache (*Pomadasys panamensis*) y el calamar dedal (*Lolliguncula panamensis*) (Mellink y Romero, 2005).

III. JUSTIFICACIÓN

Dado que la población de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en el Golfo de California se encuentra declinando (Szteren, 2006), es relevante conocer el tamaño y estructura de la población de la Isla San Pedro Nolasco, donde se encuentra una colonia reproductiva cuyas fluctuaciones estacionales no se han descrito aún (Szteren y Auriolos, 2011). Dentro de los indicadores marinos en las Áreas Naturales Protegidas, como lo es la Isla San Pedro Nolasco, están el conocer el tamaño y estructura poblacional de especies bajo algún estatus de protección, como lo es el lobo marino de California (CONANP, 2007; CONANP-SEMARNAP, 2000), que se encuentra sujeto a protección especial, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Dentro de los aspectos más importantes en la ecología de los pinnípedos, se encuentra el conocer su dieta (Drago, 2010; Gallo y Esperón, 2013), para comprender las relaciones tróficas del lobo marino de California, es necesario determinar la estructura alimentaria en sus hábitos alimentarios, para conocer las presas que consumen los individuos de cierta categoría de sexo y edad en la estructura poblacional.

IV. HIPÓTESIS

No habrá diferencias estacionales en la estructura poblacional entre invierno, primavera, verano y otoño del 2012.

La composición de la dieta de hembras y machos subadultos será diferente, alimentándose de distintas especies presa principales durante invierno y primavera del 2012.

V. OBJETIVOS

V.1. Objetivo General

Determinar el tamaño y estructura poblacional, así como los hábitos alimentarios de hembras y machos subadultos del lobo marino de California (*Zalophus californianus*), en la colonia reproductiva de Isla San Pedro Nolasco en el Golfo de California.

V.2. Objetivos Específicos

Determinar el tamaño y estructura poblacional estacional durante el 2012.

Determinar la diversidad en la dieta de hembras y machos subadultos en invierno y primavera del 2012.

Determinar la amplitud trófica en la dieta de hembras y machos subadultos en invierno y primavera del 2012.

Determinar las principales presas en la dieta de hembras y machos subadultos en invierno y primavera del 2012.

Determinar el ambiente explotado en la dieta de hembras y machos subadultos en invierno y primavera del 2012.

Determinar la superposición trófica en la dieta de hembras y machos subadultos durante invierno y primavera del 2012.

VI. METODOLOGÍA

VI.1. Área de Estudio

El Golfo de California es un mar cerrado del océano Pacífico que se localiza en el noroeste de México, entre la Península de Baja California y las costas de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco. Tiene una longitud de alrededor de 1070 km y un ancho entre 100 a 200 km (Lindsay y Engstrand, 2002). Topográficamente está dividido en una serie de cuencas y trincheras, cuya profundidad aumenta de norte a sur, es una cuenca de evaporación muy dinámica y sustenta una alta productividad primaria (Valdez-Holguín et al., 1995), cuenta con tres mecanismos principales de fertilización, las surgencias inducidas por el viento, la mezcla por marea y la circulación termohalina (Álvarez-Borrego, 2002), siendo una zona de gran biodiversidad (Brusca, 2010).

Entre los mamíferos marinos se encuentran 47 especies (Torres et al., 1995; Gallo y Rojas, 1986), incluyendo a la vaquita (*Phocoena sinus*), la especie de cetáceo con el rango de distribución más restringido y que se encuentra en peligro de extinción (Gallo-Reynoso, 1998). Dentro del Golfo de California el lobo marino de California, es el único pinnípedo residente, con 13 colonias reproductivas (Figura 4): Consag (1), San Jorge (2), Lobos (3), Granito (4), Los Cantiles (5), Los Machos (6), El Partido (7), El Rasito (8), San Esteban (9), San Pedro Mártir (10), San Pedro Nolasco (11), Farallón de San Ignacio (12) y Los Islotes (13) (Szteren, 2006). El Golfo de California es visitado ocasionalmente por otras especies de pinnípedos como el elefante marino del Norte, la foca común y el lobo fino de Guadalupe.

La Isla San Pedro Nolasco (Figura 4 y Apéndice 1) se encuentra en el Golfo de California (27°58'02'' N, 111°22'41'' W), a 15 km de la costa de Sonora, la profundidad máxima del canal que separa la isla del continente es de 290 m. Tiene un área de 3.5 km² y cuenta con elevaciones de hasta 318 metros, existe una pequeña sierra orientada de norte a sur, con cañones cortos y profundos (Ortiz-López, 2010). Cuenta con 58 especies de flora, de las

cuales 4 son endémicas (Wilder et al., 2008), siendo una de las islas que presenta los niveles de endemismo más altos observados dentro del Golfo de California (Felger et al., 2011).

Habitan 6 especies de reptiles, la iguana (*Ctenosaura nolasensis*), lagartija espinosa (*Sceloporus clarkii*), lagartija manchada (*Uta nolasensis*), salamanguesa sonorensis (*Phyllodactylus homolepidirus*), lagartija cola de látigo (*Cnemidophorus bacatus*) y la serpiente real (*Lampropeltis getula*) (Mahrt, 1979; Case, 2002); además el cangrejo terrestre moro rojo (*Johngarthia planata*) (Martínez-Vargas, 2015). Los mamíferos reportados en la isla son el murciélago pescador (*Myotis vivesi*), el ratón arbustero (*Peromyscus boylii glasselli*) y el ratón de Nolasco (*Peromyscus pembertoni*) (Gallo y González, 2003). El listado de aves marinas abarca 16 especies, como el bobo patas azules (*Sula nebouxii*) y el mérgulo (*Synthliboramphus craveri*) (Gallo y González, 2003), además se ha observado a la guacamaya verde (*Ara militaris*), siendo el primer registro de la presencia de guacamayas verdes en una isla del Golfo de California (Gallo-Reynoso et al., 2012).

El tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) puede utilizar la colonia de la Isla San Pedro Nolasco para alimentarse de *Zalophus californianus* (Márquez-Farías et al., 2006). En la isla se han reportado avistamientos de otras especies de pinnípedos no residentes del Golfo de California, el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*) y el elefante marino del Norte (*Mirounga angustirostris*) (Gallo-Reynoso et al., 2010). Cercano a la isla se han realizado diversos estudios sobre cetáceos, como la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*), ballena azul (*B. muscaulus*), ballena sardinera (*B. edeni*), delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) y el cachalote (*Physeter macrocephalus*) (Martínez-Villalba, 2008; Gallo-Reynoso et al., 2011; Gallo-Reynoso, 2003; Gallo-Reynoso et al., 2006; Gallo-Reynoso et al., 2009; Pérez y Sosa, 2014; García, 2015).

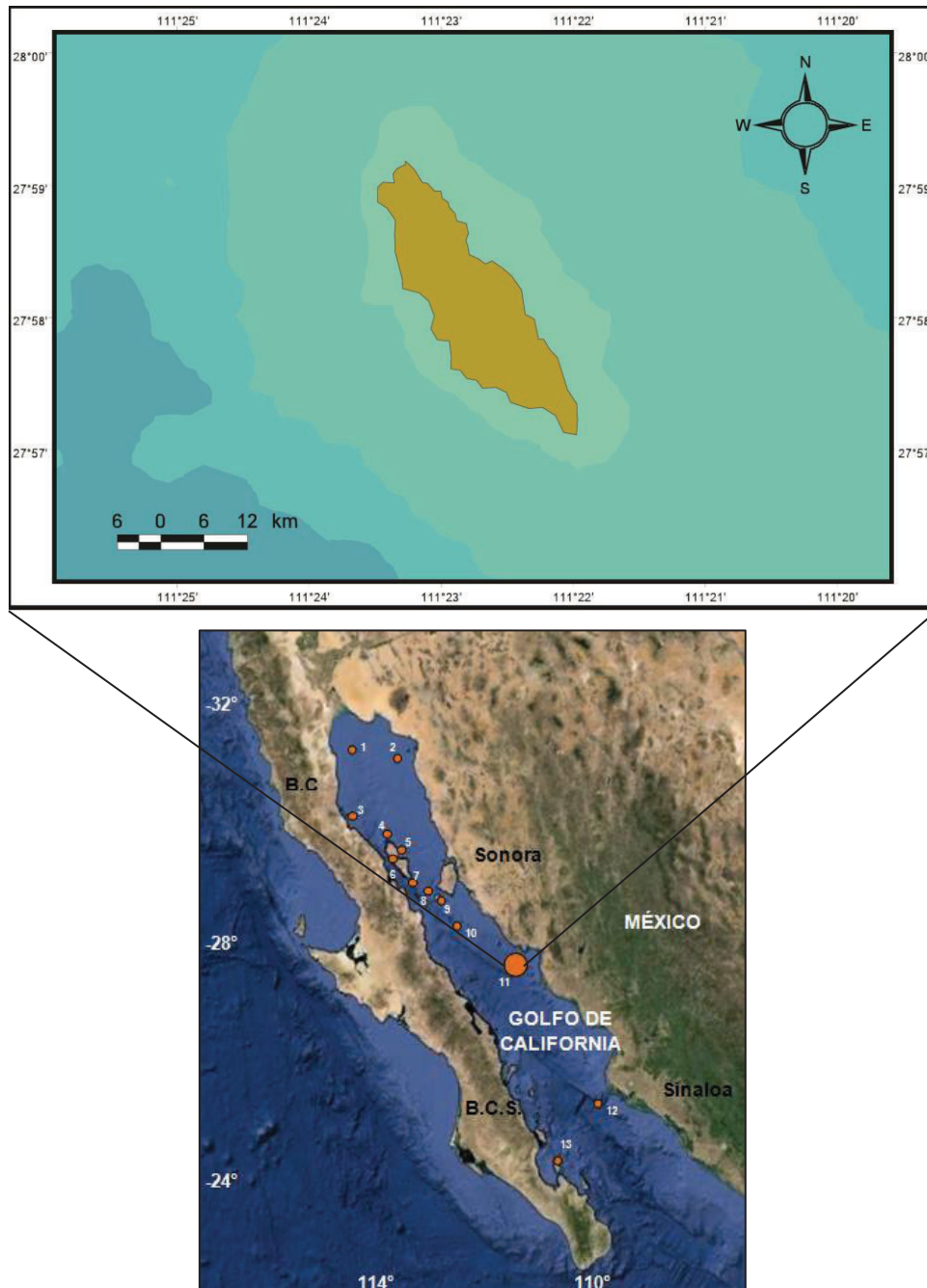


Figura 4. Ubicación de las 13 colonias reproductivas del lobo marino de California en el Golfo de California e Isla San Pedro Nolasco (#11) (Elaborado por Barba-Acuña, Pérez y Sosa y Pérez-Cossío, 2014).

VI.2. Tamaño y Estructura Poblacional

Se realizaron cuatro censos de lobos marinos de California en la Isla San Pedro Nolasco de acuerdo a las estaciones climáticas del 2012 (invierno, primavera, verano y otoño) (Tabla I). Estos censos se hicieron de acuerdo al curso básico de capacitación teórico-práctico para el monitoreo de las poblaciones de lobo marino en el que me certifiqué formando la primera red de monitoreo del lobo marino de California (Aurioles-Gamboa et al., 2011).

Tabla I. Fechas de los censos.

Invierno	Primavera	Verano	Otoño
10 de febrero	11 de mayo	16 de julio	04 de octubre






Para estimar el tamaño y estructura poblacional se realizaron los censos desde una panga, recorriendo la isla a una distancia de entre 5 a 10 metros de la orilla. Se utilizaron binoculares para el conteo e identificación de todos los lobos marinos que se observaron, distinguiéndolos por categoría de edad y sexo (Tabla II) (Aurioles y Zavala, 1994).

Para conocer si hay diferencias estadísticamente significativas entre estructuras poblacionales de cada estación del año 2012 se realizó el modelo y método estadístico a continuación:

Modelo: sea $X = [x_{ij}]_{n \times m}$ una matriz de conteos, donde n representa el número de filas o poblaciones que se desean comparar y m representa el número de categorías. Se supondrá que cada fila sigue una distribución multinomial; es decir, para cada $i = 1, \dots, n$,

$$P \left[X_{i1} = x_{i1}, \dots, X_{im} = x_{im}; \rightarrow \right] = \frac{\Gamma(N_i + 1)}{\prod_{j=1}^m \Gamma(x_{ij} + 1)} \prod_{j=1}^m p_{ij}^{x_{ij}},$$

Tabla II. Características del lobo marino de California por categoría de edad y sexo.

Categoría	Edad (años)	Longitud (cm)	Características
 <p data-bbox="261 548 456 579">Macho adulto</p> <p data-bbox="235 583 482 615">Foto: Néstor Quezadas</p>	>9	200-250	Color café oscuro o negro, con cuello y cresta sagital desarrollados
 <p data-bbox="238 911 479 942">Macho subadulto</p> <p data-bbox="238 947 479 978">Foto: Elizabeth Arista</p>	5-9	150-200	Color similar a machos adultos pero con cresta y cuello menos desarrollados
 <p data-bbox="254 1205 462 1236">Hembra adulta</p> <p data-bbox="224 1241 480 1272">Foto: Hitandehui Tovar</p>	>5	140-160	Color café claro o crema
 <p data-bbox="306 1520 410 1551">Juvenil</p> <p data-bbox="232 1556 485 1587">Foto: Hitandehui Tovar</p>	1-4	100-130	Individuos sexualmente inmaduros de ambos sexos
 <p data-bbox="326 1845 394 1877">Cría</p> <p data-bbox="271 1881 449 1913">Foto: Isai Barba</p>	<1	75-100	Color gris oscuro o negro

Donde, $N_i = \sum_{j=1}^m x_{ij}$ y $\vec{p}_i = (p_{i1}, \dots, p_{im})$ es el valor de probabilidades correspondientes a las categorías $1, \dots, m$, con $\sum_{j=1}^m p_{ij} = 1$.

Prueba de Hipótesis: se utilizó la estadística de la razón de verosimilitud para probar la hipótesis $H_0: \vec{p}_0 = \vec{p}_1 = \dots = \vec{p}_n$ versus que son diferentes. Esta estadística tiene la siguiente expresión:

$$D = -2 \ln \left[\frac{\max_{H_0} \prod_{i=1}^n L_i(\vec{p}_i)}{\max_{p_{ij}} \prod_{i=1}^n L_i(\vec{p}_i)} \right], \quad (1)$$

Donde, $L_i(\vec{p}_i)$ es la función de verosimilitud de vector de probabilidades \vec{p}_i ,

$$L_i(\vec{p}_i) = \prod_{j=1}^m p_{ij}^{x_{ij}},$$

Obsérvese que los valores de p_{ij} que maximizan

$$\prod_{i=1}^n L_i(\vec{p}_i) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m p_{ij}^{x_{ij}} \quad (2)$$

son $\hat{p}_{ij} = \frac{x_{ij}}{N_i}$. Nótese además que bajo H_0 la verosimilitud dada en (2) se maximiza en $\hat{p}_0 = \left(\frac{x_{\bullet 1}}{N}, \dots, \frac{x_{\bullet m}}{N} \right)$, donde $x_{\bullet j} = \sum_{i=1}^n x_{ij}$ y $N = \sum_{i=1}^n N_i$. Por lo tanto, la estadística de la razón de verosimilitud dada en (1) se puede escribir como

$$D = -2 \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \ln(\hat{p}_{ij}) - \sum_{j=1}^m x_{\bullet j} \ln\left(\frac{x_{\bullet j}}{N}\right) \right].$$

La distribución de la estadística de prueba D dada en (1) es Ji-cuadrada con $(n - 1)(m - 1)$ grados de libertad. Así, con una confianza del $100(1 - \alpha)\%$ se rechazará la hipótesis H_0 cuando el valor observado de esta estadística (D_{obs}) es mayor que $\chi^2_{(1-\alpha), (n-1)(m-1)}$, el cuantil $(1 - \alpha)$ de una Ji-cuadrada con $(n - 1)(m - 1)$ grados de libertad.

VI.3. Estructura Alimentaria

VI.3.1. Colecta y diferenciación de heces fecales

Después de realizar el censo en invierno y primavera, se procedió a dar otra vuelta al perímetro de la isla, con el fin de coleccionar heces fecales, para determinar aspectos de la ecología trófica del lobo marino de California. En algunos pinnípedos intraespecíficamente los requerimientos de hábitat difieren debido a los requerimientos de cada sexo y clase de edad de la especie, lo que conduce a la segregación en el uso del hábitat (Wolf et al., 2005). Los individuos de *Zalophus californianus* se distribuyen de manera diferencial por edad y sexo, agrupándose en zonas conocidas como zonas de solteros y zonas de reproducción, se utilizó esta segregación para determinar los hábitos alimentarios intraespecíficos (Orr et al., 2011).

Se coleccionaron heces fecales de lobos marinos en zonas de solteros con dominancia de machos subadultos y en zonas de reproducción con hembras y crías, esta característica de segregación en el uso del hábitat se ha utilizado en algunas especies de pinnípedos como el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*), el lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*), el lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*), así como el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) para determinar los hábitos alimentarios de cierta categoría de edad y/o sexo (Hofmeyr et al., 2010; Orr et al., 2011; Call y Ream, 2012; Esperón y Gallo, 2013), además la colecta de heces fecales de acuerdo a la zona de ocupación de dos especies de pinnípedos en una misma isla, permite determinar el grado de competencia trófica entre ellas (Camacho-Ríos, 2004).

Cada hez fecal fue coleccionada en una bolsa tipo ziploc, la cual fue etiquetada con el número de colecta y punto de referencia. Posteriormente las muestras se trasladaron al laboratorio de Ecofisiología del CIAD, Unidad Guaymas, en donde se midió con un vernier el diámetro (mm) de las heces fecales no aplastadas, con el objetivo de usar esta información para determinar diferencias entre las coleccionadas en sitios de hembras y las coleccionadas en zonas

de machos subadultos, el análisis morfométrico en heces fecales ha sido utilizado en mamíferos terrestres como método de categorización de clases de edad y sexo (Sánchez-Rojas et al., 2004; Morden et al., 2011). A continuación se presenta el modelo y método estadístico para los datos y la prueba de hipótesis:

Modelo: se supone que la hez fecal sigue una distribución normal con densidad

$$f(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2} (x - \mu)^2\right], \quad (1)$$

Donde, $0 < x < \infty$, $0 < \mu < \infty$ y $\sigma > 0$.

Para la validación del modelo normal dado en (1) se usó la estadística de prueba Ji-cuadrada:

$$X^2_{obs} = \sum_{i=1}^k \frac{(w_i - n\hat{p}_i)^2}{n\hat{p}_i} \quad (2)$$

Donde,

k = es el número de categorías para las cuales se cuenta con datos

w_i = es la frecuencia observada en la i -ésima categoría

n = es el tamaño de muestra

\hat{p}_i = es el estimador de máxima verosimilitud de la probabilidad de caer en la i -ésima categoría.

Esta probabilidad teórica tiene la siguiente expresión:

$$p_i(\mu, \sigma) = \begin{cases} \int_{-\infty}^{y_i+h} f(x; \mu, \sigma^2) dx = \Phi\left(\frac{y_i+h-\mu}{\sigma}\right), & \text{si } i = 1, \\ \int_{y_i-h}^{y_i+h} f(x; \mu, \sigma^2) dx = \Phi\left(\frac{y_i+h-\mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{y_i-h-\mu}{\sigma}\right), & \text{si } i = 2, \dots, k-1, \\ \int_{y_i-h}^{\infty} f(x; \mu, \sigma^2) dx = 1 - \Phi\left(\frac{y_i-h-\mu}{\sigma}\right), & \text{si } i = k, \end{cases} \quad (3)$$

Donde,

h = es la precisión con la que fueron registrados los datos

y_i = es el diámetro correspondiente a la i -ésima categoría

Φ = es la distribución normal estándar

Obsérvese que \hat{p}_i se obtiene simplemente reemplazando los estimadores de máxima verosimilitud $\hat{\mu}$ y $\hat{\sigma}$ en (3). Estos estimadores son los valores de μ y σ que maximizan la siguiente verosimilitud:

$$L(\mu, \sigma; w) = \prod_{i=1}^k [p_i(\mu, \sigma)]^{w_i} \quad (4)$$

La distribución de la estadística de prueba dada en (2) es una Ji-cuadrada con $(k - 3)$ grados de libertad. Así, con una confianza del 100 $(1 - \alpha)$ % se rechazará el ajuste del modelo cuando el valor observado de esta estadística X_{obs}^2 es mayor que $X_{(1-\alpha), (k-3)}^2$, el cuantil $(1 - \alpha)$ de una Ji-cuadrada con $(k - 3)$ grados de libertad.

Prueba de hipótesis: se usó la estadística de la razón de verosimilitud para probar la hipótesis: $H_0: \mu = \mu_1 = \mu_2$ versus $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ donde μ_1 representa el diámetro medio de heces fecales de zonas de reproducción y μ_2 el diámetro medio de heces de zonas de solteros.

Esta estadística tiene la siguiente expresión:

$$D = -2 \ln \left[\frac{\max_{\mu, \sigma_1, \sigma_2} L(\mu, \sigma_1; w_H) L(\mu; \sigma_2; w_M)}{\max_{\mu_1, \sigma_1, \mu_2, \sigma_2} L(\mu_1, \sigma_1; w_H) L(\mu_2; \sigma_2; w_M)} \right] \quad (5)$$

Donde,

L = es la función dada en (4)

w_H = es el vector de frecuencias observadas correspondiente a heces de zonas de reproducción

w_M = es el vector de frecuencias observadas correspondiente a heces de zonas de solteros

La distribución de la estadística D dada en (5) es Ji-cuadrada con un grado de libertad. Así, con una confianza del 100 $(1 - \alpha)$ % se rechazará la hipótesis de igualdad de medias (diámetros) cuando el valor observado de esta estadística (D_{obs}) es mayor que $\chi_{(1-\alpha), 1}^2$, el cuantil $(1 - \alpha)$ de una Ji-cuadrada con un grado de libertad.

VI.3.2. Análisis de heces fecales e identificación de especies

Para la obtención de los otolitos de peces y picos de calamares de las especies presa, las heces fecales se colocaron en agua con detergente en sus debidas bolsas etiquetadas, para degradar la materia orgánica y obtener las estructuras (García-Rodríguez, 1999). Las heces fecales fueron pasadas por un juego de tamices con diferente luz de malla (2.0, 1.0, y 0.59 mm.), todos los otolitos y picos fueron separados manualmente con ayuda de pinzas y agujas de disección.

La identificación de otolitos se realizó con un microscopio estereoscópico (Marca LABOMED), mediante ilustraciones, fotografías y guías (Harvey et al., 2000; Mascareño et al., 2003; Díaz-Murillo, 2007; Lowry, 2011), los picos de cefalópodos fueron identificados por el Dr. Unai Markaida de ECOSUR, Campeche. También la identificación de las especies presa, se realizó mediante comparación directa de las estructuras encontradas con la colección de referencia de otolitos y picos de cefalópodos del Laboratorio de Ecofisiología del CIAD-Guaymas, al finalizar la identificación los picos se guardaron en viales con etanol al 70%, mientras que los otolitos en viales con agua destilada.

VI.3.3. Índices ecológicos de alimentación

Se determinó la diversidad, amplitud trófica, importancia de las especies presa y superposición trófica del espectro alimentario de hembras y machos subadultos, de acuerdo a índices ecológicos de alimentación en estudios previos (García-Rodríguez, 1999; Pablo-Rodríguez, 2009).

Diversidad: medida de los ítems alimentarios que considera la riqueza y abundancia de las presas consumidas por un depredador. El tamaño mínimo para determinar la diversidad en la dieta del lobo marino de California, ha sido reportado en entre 22 a 29 heces fecales (Curiel-

Hernández, 2009; Donat-Hernández, 2012). Para estimar la diversidad de la dieta se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weiner (H):

$$H = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$$

Donde,

S = número o riqueza de especies

p_i = proporción del total de individuos que corresponden a la especie i

Amplitud trófica: variedad de presas que conforman la alimentación de una determinada especie consumidora a lo largo de un periodo de tiempo. Para determinar la amplitud trófica que conforma la alimentación y conocer si es un depredador especialista o generalista se utilizó el índice estandarizado de Levins (B_j):

$$B_j = 1/n - 1 \left\{ \left[1/\sum p_{ij}^2 \right] - 1 \right\}$$

Donde,

B_j = Amplitud trófica

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

n = Número de presas en la dieta

Los valores de B_j pueden variar de 0 a 1, los valores menores de 0.6 indican que el depredador se considera especialista y se concentra en una o pocas presas, los valores mayores a 0.6 indican una dieta generalista, alimentándose de una amplia variedad de presas.

Importancia de las especies presa: medida de importancia que representa la probabilidad de extraer de un conjunto de heces fecales un individuo de un taxón determinado. La importancia de las especies presa se cuantificó mediante el índice de importancia de presa, se consideran presas principales aquellas que presentan o rebasan el 10% del IIMPi (García-Rodríguez, 1999):

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

Donde,

x_{ij} = número de observaciones del taxón (i) en la hez fecal (j)

X_j = número de estructuras totales identificables en la hez fecal (j)

u = número de apariciones o heces fecales en donde el taxón (i) se encontró

U = número de unidades de muestreo o heces fecales sobre los cuales se contabilizaron las apariciones

Ambiente explotado: se obtuvo el ambiente de cada presa de la base de datos www.fishbase.com y de la FAO, mediante la sumatoria del IIMP_i de las especies del mismo ambiente se obtuvieron los ambientes explotados.

Superposición trófica: para determinar la superposición trófica del espectro trófico se utilizó el índice simplificado de Morisita-Horn. Los valores varían de 0 a 1, valores entre 0 y 0.29 indican una superposición baja, entre 0.30 y 0.65 una superposición media y entre 0.66 y 1 una superposición alta (Camacho-Ríos, 2004).

$$C_H = \frac{2 \sum_i^n p_{ij} p_{ik}}{\sum_i^n p_{ij}^2 + \sum_i^n p_{ik}^2}$$

Donde,

C_H = índice de superposición entre la especie j y la especie k

p_{ij} = proporción del recurso i que es utilizado por la especie j

p_{ik} = proporción del recurso i que es utilizado por la especie k

n = número total de los diferentes recursos

VII. RESULTADOS

VII.1. Tamaño y Estructura Poblacional

En el año 2012, el mayor tamaño de la población fue en verano, con un total de 699 individuos, con un tamaño poblacional mínimo de 567 organismos en primavera. En invierno el total de la población fue de 647 individuos, mientras que para otoño alcanzó un total de 662 organismos (Figura 5).

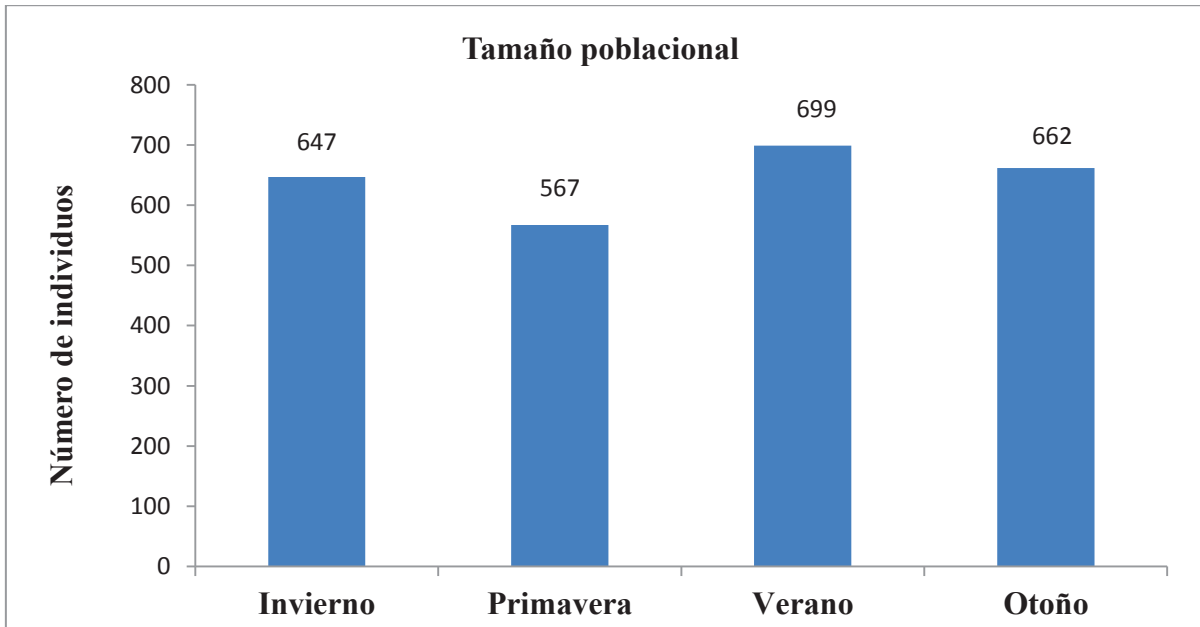


Figura 5. Tamaño de la población estacional durante 2012.

Con una confianza del 95 % se rechazó la hipótesis $H_0: \vec{p}_1 = \vec{p}_2 = \vec{p}_3 = \vec{p}_4$, se tiene evidencia estadística significativa para concluir que las estructuras poblacionales son diferentes por estación climática (invierno, primavera, verano y otoño) en el año 2012 (Tabla III y Figura 6).

Tabla III. Estructura poblacional estacional en el 2012. Donde, Ma= Machos adultos, MSa= Machos subadultos, H= Hembras adultas, J= juveniles, C= crías, M= no identificado.

	Ma	MSa	H	J	C	M	Total
Invierno (10 febrero)	21	67	381	127	49	2	647
Primavera (11 mayo)	16	90	310	110	41	0	567
Verano (17 julio)	65	51	285	144	154	0	699
Otoño (04 octubre)	41	148	310	122	39	2	662

En invierno las hembras representan alrededor del 58.8% (381 individuos) de la población, los juveniles son el 19.6% (127 individuos), los machos subadultos constituyen el 10.3% (67 individuos), las crías representan el 7.5% (49 individuos), mientras que los adultos son la categoría que se encuentran en menor cantidad con un 3.2% (21 individuos) y solo el 0.3% (2 individuos) no se logró identificar.

En primavera las hembras representan la mayor cantidad de individuos de la población con 54.6% (310 individuos), los juveniles son el 19.4% (110 individuos), los machos subadultos constituyen el 15.8% (90 individuos), las crías representan 7.2% (41 individuos) y los adultos tan solo son el 2.8% (16 individuos).

En verano las hembras representan el 40.7% (285 individuos) de la población, las crías son el 22.0% (154 individuos), los juveniles constituyen el 20.6% (144 individuos), los adultos representan el 9.3% (65 individuos) y los machos subadultos son la categoría con menor tamaño al ser el 7.3% (51 individuos).

En otoño las hembras representan el 46.8% (310 individuos) de la población, los machos subadultos son el 22.3% (148 individuos), los juveniles constituyen el 18.4% (122 individuos), los adultos representan el 6.1% (41 individuos), mientras que las crías son el 5.8% (39 individuos) y tan solo el 0.3% (2 individuos) no se logró identificar (Figura 6).

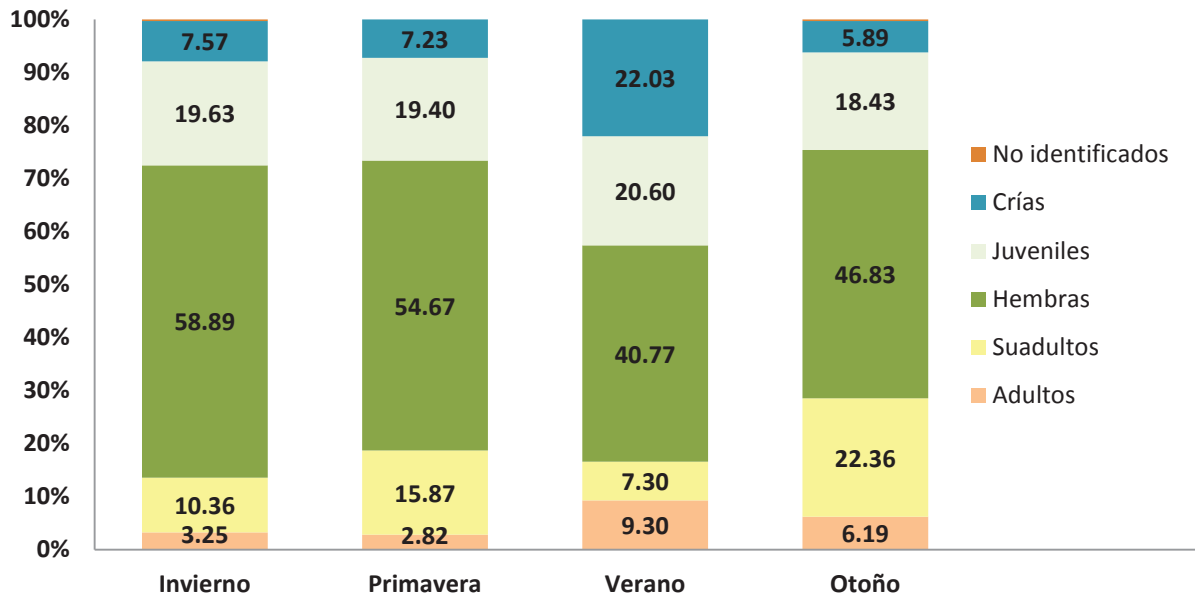


Figura 6. Estructura de la población estacional durante 2012.

VII.2. Estructura Alimentaria

Durante el invierno del 2012 se midió el diámetro de 32 heces fecales colectadas en zonas de reproducción y 25 de zonas de solteros y en primavera de 31 de zonas de reproducción y 24 de zonas de solteros. Con una confianza del 95 % se rechaza la hipótesis de igualdad de medias, por lo tanto el diámetro medio de heces colectadas en zonas de reproducción (23.2 mm) es diferente al diámetro medio de heces colectadas en zonas de solteros (35.4 mm), siendo el diámetro medio de heces colectadas en zonas de reproducción menor al de zonas de solteros (Tabla IV y Figura 7).

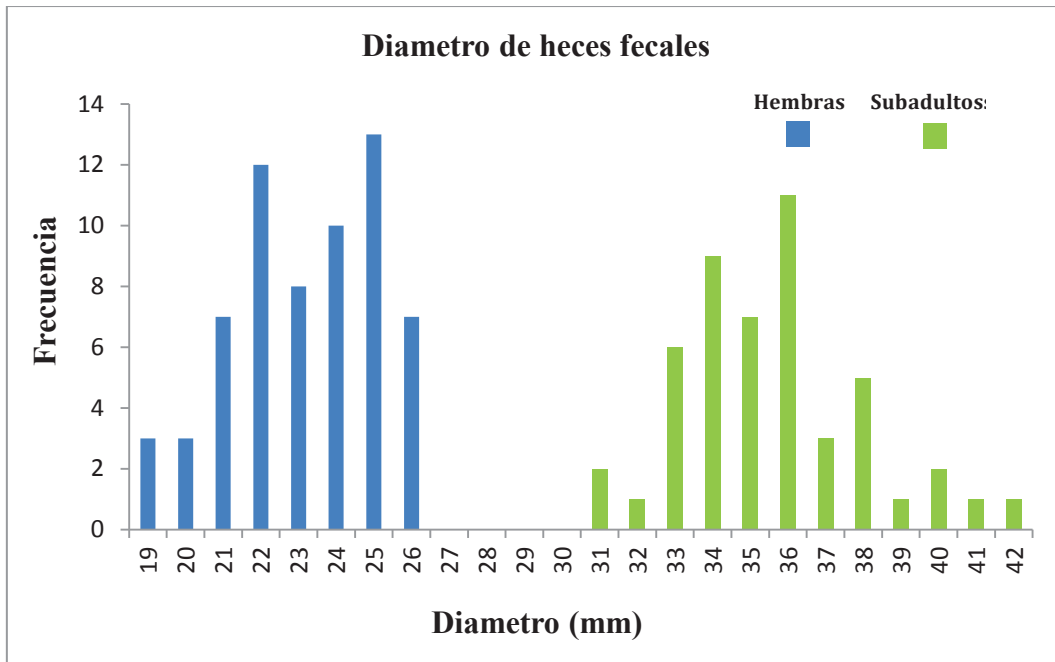


Figura 7. Diámetro de heces fecales.

Tabla IV. Resumen del análisis de validación del modelo.

	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	X_{obs}	$[X_1^2 - \alpha, gl, \infty)$	p-valor
Zonas de reproducción	23.2	2.11	4.97	$[11,07, \infty)$	0.4195
Zonas de solteros	35.4	2.44	8.69	$[16,92, \infty)$	0.4665

VII.2.1. Hábitos alimentarios de las hembras en invierno

En invierno de 2012 el espectro trófico de las hembras abarca una riqueza específica de 9 especies de peces pertenecientes a 9 familias (Tabla V) y de 2 especies de cefalópodos, de 2 familias (Tabla VI). Todas las familias de peces y cefalópodos se encuentran representadas por una especie.

Tabla V. Familias, especies de peces y ambientes de las presas de las hembras en invierno.

Familia	Especie	Nombre común	Ambiente
Argentinidae	<i>Argentina sialis</i>	Argentina	Demersal
Belonidae	<i>Strongylura exilis</i>	Aguja	Pelágico
Bythitidae	<i>Brosmophycis marginata</i>	Brótula roja	Demersal
Carangidae	<i>Trachurus symmetricus</i>	Charrito	Pelágico
Clupeidae	<i>Sardinops sagax</i>	Sardina monterrey	Pelágico
Engraulidae	<i>Engraulis mordax</i>	Anchoveta	Pelágico
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Lisa	Bentopelágico
Myctophidae	<i>Triphoturus mexicanus</i>	Linternilla	Mesopelágico
Synodontidae	<i>Synodus lucioceps</i>	Lagarto	Arrecifal

Tabla VI. Familias, especies de cefalópodos y ambientes de las presas de las hembras en invierno.

Familia	Especie	Nombre común	Ambiente
Octopodidae	<i>Octopus</i> sp.	Pulpo	Bentónico
Pyroteuthidae	<i>Pterygioteuthis hoylei</i>	Calamar	Pelágico

El valor de diversidad mediante el índice de Shannon-Weiner (H) fue de 2.38. El valor de amplitud del espectro trófico mediante el índice estandarizado de Levins (B_j) muestra que las hembras se comportan como un depredador especialista, ya que tiene un valor de $B_j = 0.30$. Las principales presas de acuerdo al índice de importancia ($IIMP_i$) son: el charrito (*Trachurus symmetricus*) (29.73%), la anchoveta (*Engraulis mordax*) (24.21%) y la linternilla (*Triphoturus mexicanus*) (23.59%) (Figura 8 y Apéndice 2).

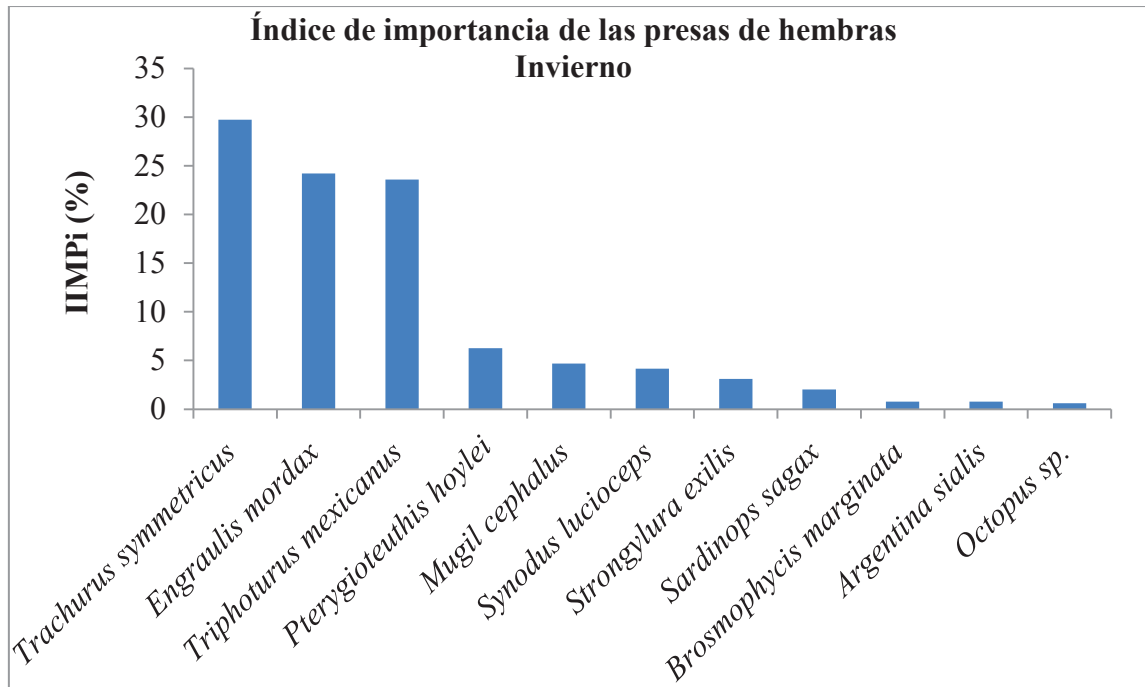


Figura 8. IIMPi (%) de las presas de las hembras en invierno.

Dentro de los 6 ambientes explotados; el pelágico ocupa el primer lugar con 65.34%, seguido del mesopelágico con un 23.59%, el ambiente bentopelágico, arrecifal, demersal y bentónico contribuyen en conjunto con el restante 11.02% (Figura 9).

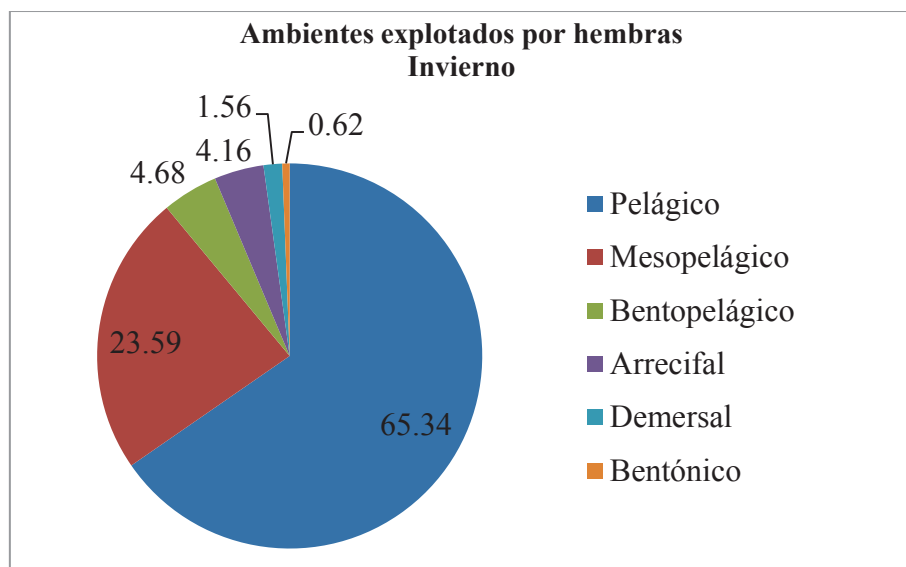


Figura 9. Ambientes explotados por las hembras en invierno.

VII.2.2. Hábitos alimentarios de las hembras en primavera

En primavera de 2012 el espectro trófico de hembras abarca una riqueza específica de 7 especies de peces pertenecientes a 7 familias (Tabla VII) y 3 especies de cefalópodos de 3 diferentes familias (Tabla VIII). Todas las familias de peces y cefalópodos se encuentran representadas por una especie.

Tabla VII. Familias, especies de peces y ambientes de las presas de las hembras en primavera.

Familia	Especie	Nombre común	Ambiente
Carangidae	<i>Trachurus symmetricus</i>	Charrito	Pelágico
Engraulidae	<i>Engraulis mordax</i>	Anchoveta	Pelágico
Myctophidae	<i>Triphoturus mexicanus</i>	Linternilla	Mesopelágico
Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>	Macarela	Pelágico
Sebastidae	<i>Sebastes</i> sp.	Roca	Demersal
Serranidae	<i>Paralabrax</i> sp.	Cabrilla	Arrecifal
Synodontidae	<i>Synodus lucioceps</i>	Lagarto	Arrecifal

Tabla VIII. Familias, especies de cefalópodos y ambientes de las presas de las hembras en primavera.

Familia	Especie	Nombre común	Ambiente
Enoploteuthidae	<i>Abraliopsis affinis</i>	Calamar	Pelágico
Loliginidae	<i>Lolliguncula</i> sp.	Calamar dedal	Pelágico
Octopodidae	<i>Octopus</i> sp.	Pulpo	Bentónico

El valor de diversidad mediante el índice de Shannon-Weiner (H) fue de 2.37. El valor de amplitud del espectro trófico mediante el índice estandarizado de Levins (B_j) muestra que las hembras se comportan como un depredador especialista, con un valor de $B_j = 0.30$. Las principales presas de acuerdo al índice de importancia ($IIMP_i$) son: la linternilla (*T. mexicanus*) (32.30%), el charrito (*T. symmetricus*) (20.59%) y la anchoveta (*E. mordax*) (16.12%) (Figura 10 y Apéndice 3).

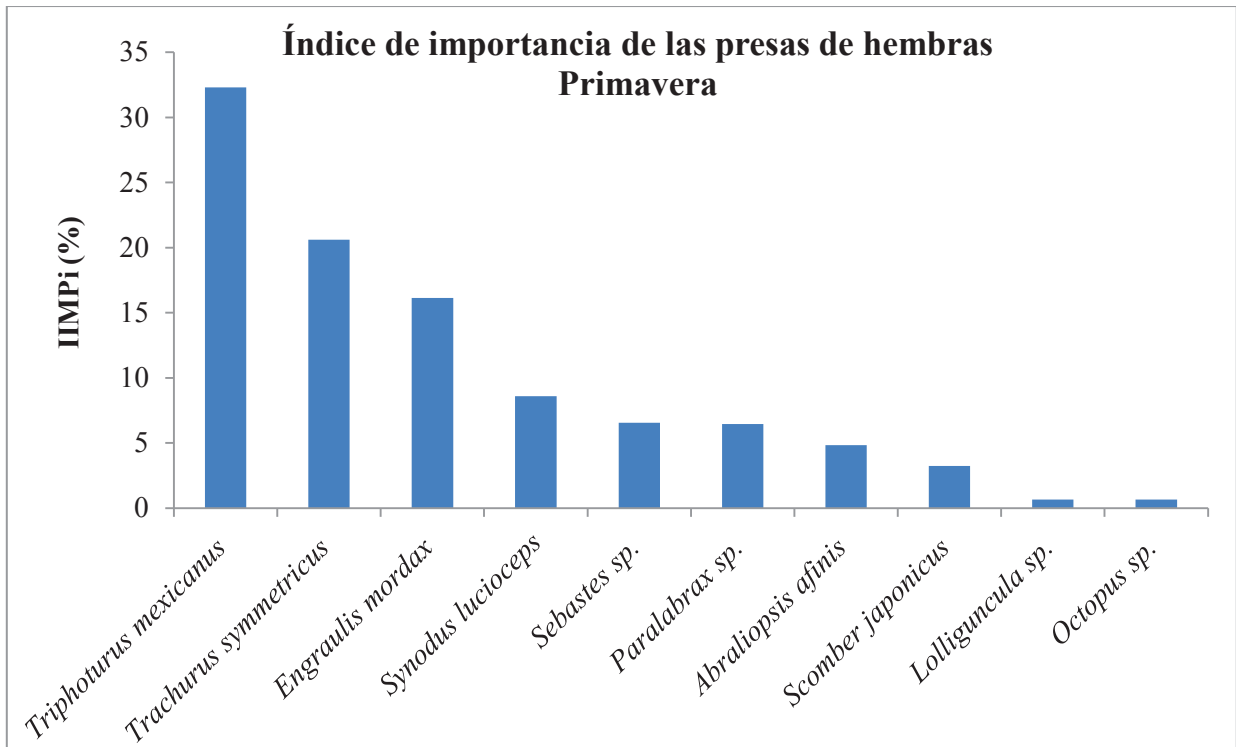


Figura 10. IIMPi (%) de las presas de las hembras en primavera.

Dentro de los 5 ambientes explotados; el pelágico ocupa el primer lugar con 45.43%, seguido del mesopelágico con un 32.30%, el ambiente arrecifal, demersal y bentónico contribuyen en conjunto con el restante 22.25% (Figura 11).

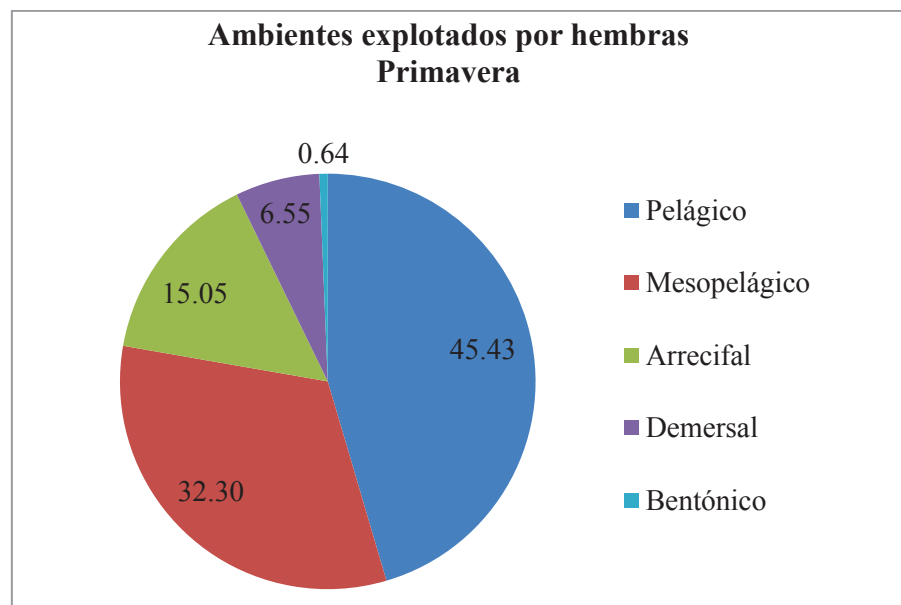


Figura 11. Ambientes explotados por las hembras en primavera.

VII.2.3. Hábitos alimentarios de los machos subadultos en invierno

En invierno de 2012 el espectro trófico de machos subadultos abarca 24 especies de peces pertenecientes a 15 familias (Tabla IX) y una especie de cefalópodo (Tabla X). Las familias de peces mejor representadas fueron: Haemulidae y Serranidae con 4 especies cada una, además Scorpaenidae, Batrachoididae y Paralichthyidae con 2 especies cada una.

Tabla IX. Familias, especies de peces y ambientes de las presas de los machos subadultos en invierno.

Familia	Especie	Nombre común	Ambiente
Argentinidae	<i>Argentina sialis</i>	Argentina del pacífico	Demersal
Batrachoididae	<i>Porichthys notatus</i>	Sapo aleta lucía	Demersal
	<i>Porichthys myriaster</i>	Sapo aleta manchada	Demersal
Bythitidae	<i>Brosmophycis marginata</i>	Brótula roja	Demersal
Carangidae	<i>Trachurus symmetricus</i>	Charrito	Demersal
Clinidae	<i>Heterostichus rostratus</i>	Sargacero	Demersal
Cottidae	<i>Icelinus tenuis</i>	Charrasco	Demersal
Haemulidae	<i>Pomadasys branickii</i>	Roncacho	Demersal
	<i>Haemulon</i> sp.	Burro	Arrecifal
	<i>Haemulon maculicauda</i>	Burro	Arrecifal
	<i>Orthopristis reddingi</i>	Burrito rayado	Demersal
Hexagrammidae	<i>Zaniolepis frenata</i>	Cepillo	Demersal
Merlucciidae	<i>Merluccius productus</i>	Merluza	Demersal
Paralichthyidae	<i>Citharichthys sordidus</i>	Lenguado moteado	Demersal
	<i>Citharichthys stigmaeus</i>	Lenguado pecoso	Demersal
Pleuronectidae	<i>Hypsopsetta guttulata</i>	Platija diamante	Demersal
Scomberesocidae	<i>Cololabis saira</i>	Paparda	Pelágico
Scorpaenidae	<i>Sebastes</i> sp.	Roca	Demersal
	<i>Pontinus sierra</i>	Lapón manchado	Demersal
Serranidae	<i>Hemanthias signifer</i>	Cabrilla doncella	Demersal
	<i>Diplectrum labarum</i>	Serrano espinudo	Demersal
	<i>Serranus aequidens</i>	Serrano de agua profundo	Demersal
	<i>Paralabrax clathratus</i>	Cabrilla sargacera	Bentopelágico
Triglidae	<i>Bellator gymnostethus</i>	Vaca	Demersal

Tabla X. Familias, especies de cefalópodos y ambientes de las presas de los machos subadultos en invierno.

Familia	Especie	Nombre común	Ambiente
Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	Calamar gigante	Pelágico

El valor de diversidad mediante el índice de Shannon-Weiner (H) fue de 3.62. El valor de amplitud del espectro trófico mediante el índice estandarizado de Levins (B_j) muestra que los machos subadultos se comportan como un depredador especialista, ya que tiene un valor de $B_j = 0.19$. Las principales presas de acuerdo al índice de importancia (IIMPi) son 2 especies, una de pez y otra de cefalópodo: el pez sapo (*Porichthys notatus*) (34.78%) y el calamar gigante (*Dosidicus gigas*) (13.11%) (Figura 12 y Apéndice 4).

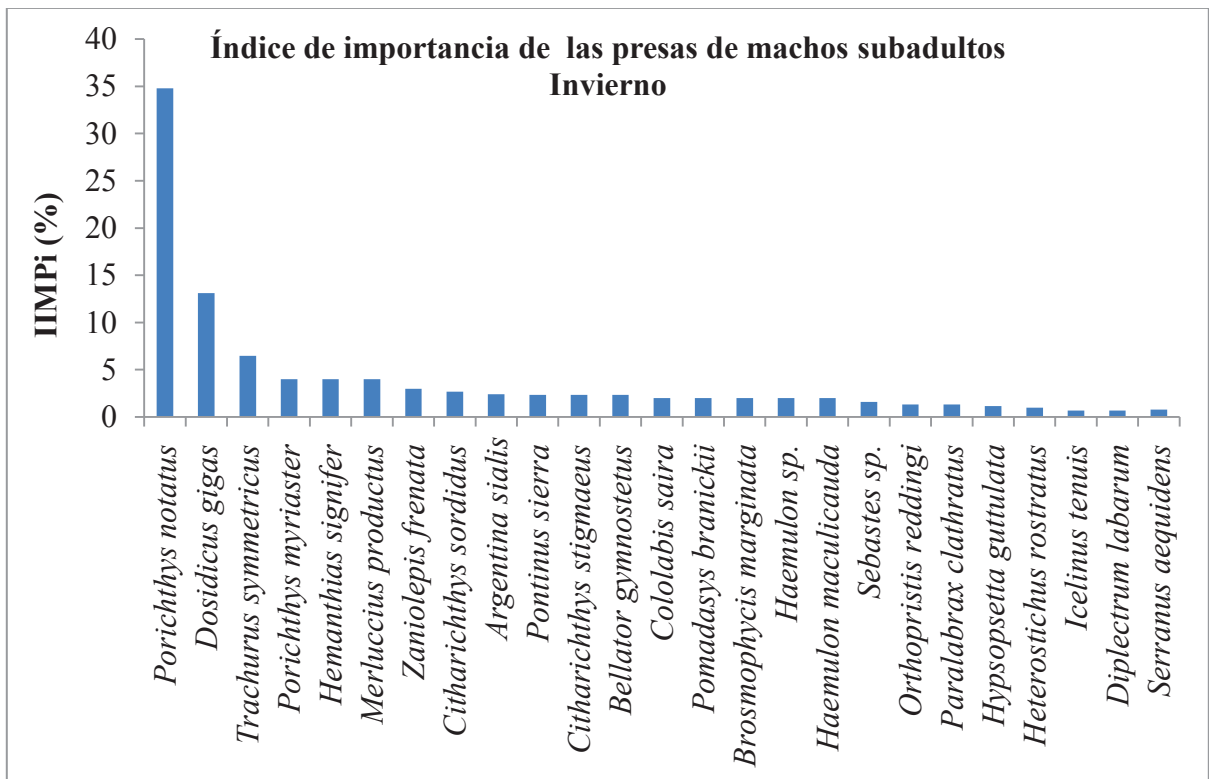


Figura 12. IIMPi (%) de las presas de los machos subadultos en invierno.

Dentro de los cuatro ambientes explotados, el demersal tiene un 92.66%, seguido del arrecifal con un 4.0%, el ambiente pelágico con 2.0% y el bentopelágico tan solo el 1.33% (Figura 13).

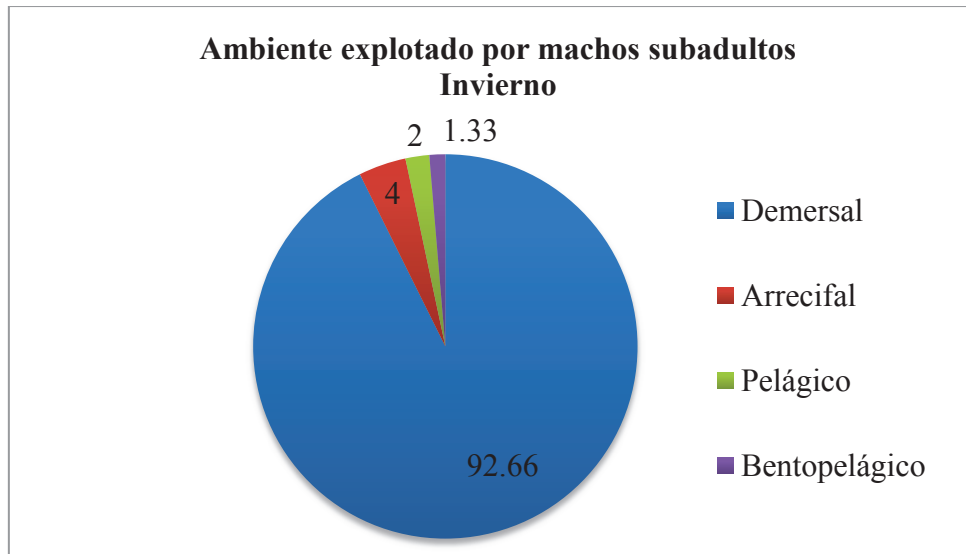


Figura 13. Ambientes explotados por los machos subadultos en invierno.

VII.2.4. Hábitos alimentarios de los machos subadultos en primavera

En la primavera de 2012 el espectro trófico de los machos subadultos abarca 9 especies de peces pertenecientes a 8 familias (Tabla XI). La familia Haemulidae es la mejor representada con 2 especies, mientras que las restantes 7 familias, están representadas por solo una especie.

El valor de la diversidad mediante el índice de Shannon-Weiner (H) fue de 1.95. El valor de amplitud del espectro trófico mediante el índice estandarizado de Levins (B_j) muestra que los machos subadultos se comportan como un depredador especialista, ya que tiene un valor de $B_j = 0.18$. Las principales presas de acuerdo al índice de importancia (IIMPi) son dos especies de peces: la argentina (*Argentina sialis*) (47.29%) y la merluza (*Merluccius productus*) (25.0%) (Figura 14 y Apéndice 5).

Tabla XI. Familias, especies de peces y ambientes de las presas de los machos subadultos en primavera.

Familia	Especie	Nombre común	Ambiente
Haemulidae	<i>Haemulopsis elongatus</i>	Ronco alargado	Demersal
	<i>Haemulon maculicauda</i>	Burro rasposo	Arrecifal
Merlucciidae	<i>Merluccius productus</i>	Merluza	Demersal
Argentinidae	<i>Argentina sialis</i>	Argentina del pacifico	Demersal
Batrachoididae	<i>Porichthys notatus</i>	Sapo	Demersal
Carangidae	<i>Trachurus symmetricus</i>	Charrito	Pelágico
Malacanthidae	<i>Caulolatilus affinis</i>	Conejo	Demersal
Ogcocephalidae	<i>Zalieutes elater</i>	Murciélago	Demersal
Serranidae	<i>Hemanthias signifer</i>	Cabrilla doncella	Demersal

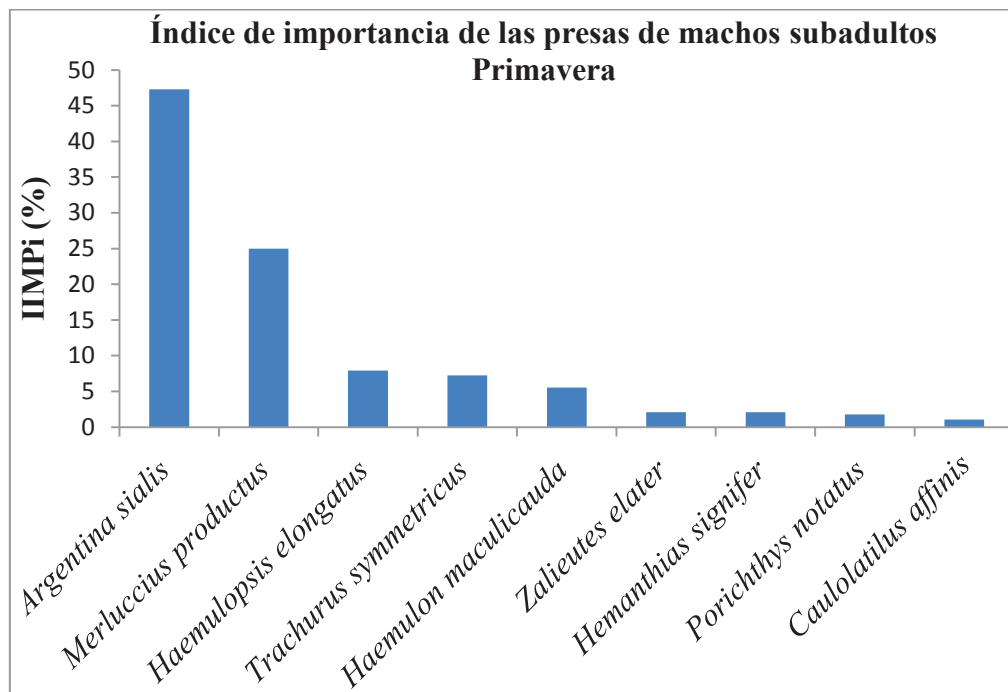


Figura 14. IIMPi (%) de las presas de los machos subadultos en primavera.

Dentro de los tres ambientes explotados, el demersal ocupa el 87.20%, seguido del pelágico con un 7.24% y el arrecifal el 5.55% (Figura 15).

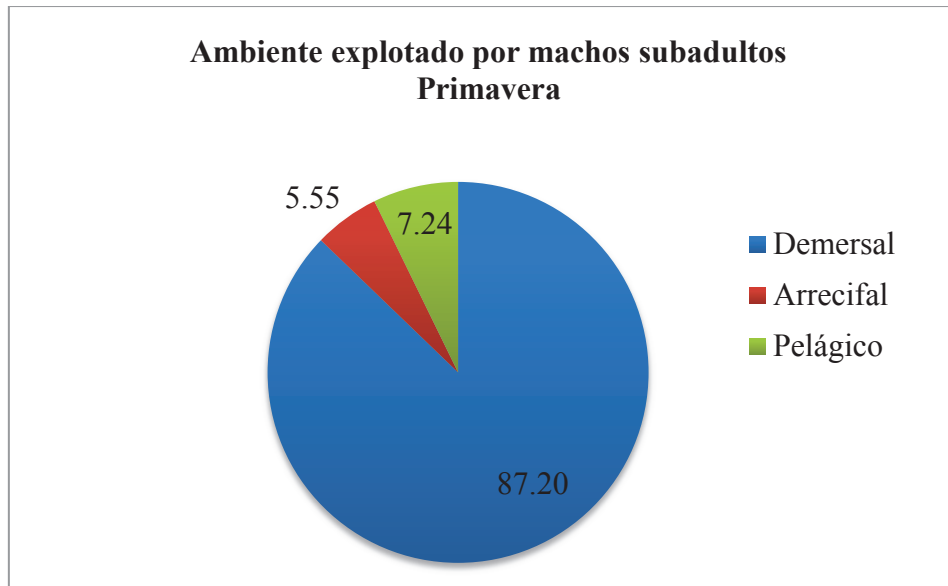


Figura 15. Ambientes explotados por los machos subadultos en primavera.

VII.2.5. Superposición trófica

Durante invierno existe una superposición trófica con un valor de $C_H = 0.07$ y para primavera de $C_H = 0.06$, por lo que existe una baja superposición trófica entre hembras y machos subadultos, dado que los valores entre 0 y 0.29 indican una superposición baja, entre 0.30 y 0.65 una superposición media y entre 0.66 y 1 una superposición alta.

VIII. DISCUSIÓN

VIII.1. Tamaño y Estructura Poblacional

A pesar de que la población mundial del lobo marino de California está en aumento, en el Golfo de California está declinando (Szteren, 2006), el tamaño poblacional en 1993 se estimó en 31,393 individuos (Aurioles y Zavala, 1994), en 2004 fue de 24,062 individuos (Szteren, 2006) y en 2012 fue de 18,127 individuos (Aurioles-Gamboa et al., 2012). Un análisis de riesgo relativo de extirpación sugirió que la colonia reproductiva de la Isla San Pedro Nolasco, es de las más vulnerables del Golfo de California (Szteren, 2006), la base de datos de abundancia poblacional en esta isla necesita ser expandida para entender las fluctuaciones poblacionales (Szteren y Aurioles, 2011), por lo que se realizaron cuatro censos estacionales en 2012 para conocer la fluctuación de la abundancia y la estructura de la población a lo largo de un año (Tabla III).

La estructura poblacional es diferente en las cuatro estaciones, durante verano se presenta el mayor tamaño poblacional; en esta estación la estructura de la población muestra que las hembras son la categoría más abundante, sin embargo de las cuatro estaciones en el verano existe el menor número de hembras, dada la intensa frecuencia con que estas salen a sus viajes de alimentación por la mayor cantidad de crías, la gran abundancia de estas categorías se debe al periodo reproductivo y la gran cantidad de nacimientos de crías en junio y julio, cuando es el pico máximo de nacimientos de lobos marinos en las colonias reproductivas del Golfo de California (García y Aurioles, 2003). El menor tamaño poblacional fue estimado en primavera con un total de 567 individuos, con una estructura que muestra una disminución notoria de crías, posiblemente debido a la mortalidad de estas a lo largo del año (Aurioles-Gamboa, 1999) o a la dispersión de las mismas.

En los Islotes, la fluctuación en la estructura poblacional del lobo marino muestra dos picos de abundancia, uno en verano, que es producido por la presencia de hembras con sus

crías y otro en invierno, que es generado principalmente por los machos subadultos, que son abundantes de noviembre a marzo (Auriolles-Gamboa et al., 2003). En la Isla San Pedro Nolasco, también se presentan dos picos de abundancia, uno en verano, cuando las hembras y los machos subadultos en el mes de julio tienen el menor número de individuos de las cuatro estaciones; mientras que los machos adultos, los juveniles y las crías alcanzan el mayor número de individuos de manera estacional, y el segundo pico se da en otoño, cuando las crías alcanzan el menor número de individuos de las cuatro estaciones y los machos subadultos alcanzan el mayor número de individuos de manera estacional.

VIII.2. Estructura Alimentaria

VIII.2.1. Hábitos alimentarios de las hembras

Las hembras en su dieta durante invierno tienen una diversidad de especies muy similar a la de primavera (2.38 y 2.37), con una riqueza específica de 11 y 10 especies respectivamente, la amplitud trófica las coloca como depredadores especialistas alimentándose en ambas estaciones principalmente de los siguientes peces: la linternilla (*Triphoturus mexicanus*), la anchoveta (*Engraulis mordax*) y el charrito (*Trachurus symmetricus*). Las hembras realizan un mayor esfuerzo de amamantamiento a sus crías durante estas dos estaciones; a diferencia de verano (inicio de la lactancia) y otoño, debido a la necesidad de invertir más energía en la preparación del destete de la cría nacida e invertir energía en el feto en los últimos meses de gestación (Labrada-Martagón, 2003), realizando viajes de alimentación al mar más frecuentes conforme crecen las crías debido a la mayor demanda de leche (García-Aguilar, 1999).

El comportamiento especialista en las hembras de esta isla, se ha reportado mediante el análisis de isotopos estables en muestras de pelo de las crías, con los valores más bajos reportados de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ para colonias reproductivas dentro del Golfo de California, valores de varianza bajos en el $\delta^{15}\text{N}$ muestran un mayor grado de especialización en los hábitos

alimentarios y en relación al $\delta^{13}\text{C}$, una concentración más alta en el uso de ambientes específicos, mientras que en la Isla San Jorge se reportan los valores más altos en los isótopos $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, indicando una mayor amplitud trófica de presas y mayor explotación de distintos ambientes (Auriolles-Gamboa et al., 2012). Mediante el análisis de heces fecales el lobo marino en la Isla San Pedro Nolasco fue catalogado como depredador generalista, sin embargo es necesario tomar esto con reserva debido a que el tamaño de muestra analizado fue pequeño (Porrás-Peters, 2004; Quezadas-Tapia, 2010).

En la Isla San Pedro Nolasco en el verano Porrás-Peters (2004) reporta como presas principales del lobo marino a peces como la bocona (*Cetengraulis mysticetus*) y el ronco ruco (*Haemulopsis leuciscus*), además de los calamares *Leachia pacifica* y *Abraliopsis affinis*, mientras que para otoño Quezadas-Tapia (2010) reporta como presas principales solo a peces como la cabrilla (*Paralabrax maculatofasciatus*), el roncador blanco (*Genyonemus lineatus*) y una especie de linternilla (*Lampanyctus ritteri*), mostrando una variación estacional en la dieta del lobo marino como especie, sin embargo ambos estudio fueron realizados en distintos años. En la Isla San Miguel en California durante invierno, las hembras de lobo marino se alimentaron principalmente de la anchoveta (*E. mordax*), el charrito (*T. symmetricus*), la macarela (*Scomber japonicus*), la sardina monterrey (*Sardinops sagax*), la merluza (*M. productus*) y el calamar (*Loligo opalescens*) (Melin et al., 2008); mientras que las hembras en la Isla San Pedro Nolasco, durante invierno y primavera a finales de la prolongada fase de lactancia de un año (Elorriaga-Verplancken, 2009), se alimentaron principalmente al igual que en San Miguel de la anchoveta (*E. mordax*) y el charrito (*T. symmetricus*), además de la linternilla (*T. mexicanus*).

El charrito y la anchoveta, son presas principales de las hembras tanto en invierno como en primavera, son especies pelágicas y forman cardúmenes, la anchoveta ocupa un nicho importante en la red trófica del ecosistema marino, debido a que transfiere energía y materiales desde el plancton hasta gran número de especies depredadoras (Vidal-Talamantes, 1995), además de ser una especie de importancia pesquera en el Golfo de California (Cotero-Altamirano, 2000). La linternilla probablemente es depredado en la noche, cuando estos realizan migraciones a la superficie, las especies de la familia Myctophidae son

prevalentemente meso o batipelágicas, se extienden desde la superficie durante la noche hasta más de 2,000 metros de profundidad en el día (Paxton et al., 1995), son peces que pueden ser encontrados alrededor de algunas islas del Golfo de California (Santana-Iturríos et al., 2013).

En el Golfo de California las hembras muestran filopatría a los sitios reproductivos y a las áreas de alimentación, la dispersión está restringida por la necesidad de regresar a la colonia reproductiva a amamantar a sus crías (Szteren y Aurióles, 2011). Por lo que las hembras de Isla San Pedro Nolasco parecen comportarse como las hembras de Los Islotes, que consumen sus presas en zonas cercanas a la lobera reproductiva, dentro de un radio de alrededor de 30 km de la colonia y se alimentan principalmente al anochecer y al amanecer, mostrando una conducta de alimentación crepuscular-nocturna, realizando buceos menores a los 75 metros (Durán-Lizarraga, 1998). El lobo fino de Guadalupe, la otra especie de otárido que se distribuye en México, se alimenta en zonas alejadas a 444 ± 151 km de la colonia reproductiva de Isla Guadalupe, a una profundidad promedio de 17 ± 10 metros, buceando durante la noche y transitando durante el día, el patrón de buceos y la distancia viajada por las hembras lactantes es muy diferente a la del lobo marino de California (Gallo-Reynoso et al., 2008).

La riqueza específica de especies en la dieta de las hembras en ambas estaciones, coloca a los peces como los más comunes, seguido de los calamares y pulpos. Los calamares (*Pterygioteuthis hoylei*), (*A. affinis*), (*Lolliguncula* sp.) y el pulpo (*Octopus* sp.), fueron consumidos de manera poco frecuente, *P. hoylei* y *A. affinis* son calamares micronectónicos muy pequeños y abundantes en el Golfo de California, lo más probable es que estas especies provengan de las presas (Dr. Unai Markaida. 2013. Comunicación personal. ECOSUR. Campeche, México). En la Isla Magdalena B.C.S., el consumo de langostilla por *Z. californianus* es de manera incidental ya que forma parte de la alimentación de algunas presas importantes para el lobo marino (Curiel-Hernández, 2009). El calamar *A. affinis* ya ha sido reportado en la dieta del lobo marino en la Isla San Pedro Nolasco (Porrás-Peters, 2004), otros predadores tópe que lo consumen son el tiburón ángel que en su espectro trófico incluye los calamares *A. affinis* y *Mastigoteuthis dentata*, que realizan migraciones a la parte superficial

del mar durante la noche, aprovechando estos cefalópodos de manera oportunista (Escobar-Sánchez, 2004).

Los calamares (*P. hoylei*) y (*Lolliguncula* sp.), son el primer reporte de estos cefalópodos en la dieta del lobo marino en la Isla San Pedro Nolasco, la actividad reproductiva de *P. hoylei* tiene lugar en el sur del Golfo de California a finales del invierno y principios de primavera (De Silva-Dávila et. al. 2013), el calamar del mismo género *P. giardi* es consumido por el lobo fino de Guadalupe en el archipiélago San Benito (Esperón y Gallo, 2012). El pulpo *Octopus* sp., fue consumido en invierno y primavera por las hembras, este organismo posiblemente fue capturado en zonas poco profundas, tal vez cerca de los riscos donde viven, las dos especies de mayor tamaño y de importancia comercial en la zona son el pulpo verde (*O. hubbsorum*) y en menor medida el pulpo de dos manchas (*O. bimaculatus*) (Dr. Unai Markaida. 2013. Comunicación personal. ECOSUR. Campeche, México). El pulpo (*Octopus* sp.), se reportó en la dieta del lobo marino de California en primavera en la Isla de Cedros siendo parte de las presas principales, las presas más importantes fueron el pulpo (*Octopus* sp.), el pez sapo (*Porichthys notatus*) y el lenguado (*Citharichthys sordidus*) (Salazar-Godoy, 1989).

VIII.2.2. Hábitos alimentarios de los machos subadultos

Los machos subadultos en invierno se alimentan de una mayor diversidad que en primavera (3.62 y 1.95 respectivamente), con una riqueza específica de 25 especies en invierno y de 9 especies en primavera, siendo depredadores especialistas en ambas estaciones. En invierno existe una mayor diversidad y riqueza de especies por la disponibilidad de especies presas que se distribuyen en el área de estudio, como algunas especies de peces y del calamar gigante (Velázquez-Abunader, 2011), en el Golfo de California existe una gran abundancia y biomasa de este calamar (Nevarez-Martínez et al., 2000) (Figura 17), con un patrón estacional, localizándose en la región de Guaymas desde noviembre y migra en mayo hacia Santa Rosalia (Markaida-Aburto, 2001; Markaida et al., 2005).

Durante el invierno las principales presas son: el pez sapo (*Porichthys notatus*) y el calamar gigante (*D. gigas*), la presencia del calamar gigante en invierno es importante, dado que se encontró su presencia tanto en heces fecales, como en dos regurgitaciones, estación cuando esta especie se encuentran en las costas de Sonora (Velázquez-Abunader, 2011). Además el M.C. Daniel Guevara Aguirre fotografió a un macho subadulto alimentándose de un calamar el 29 de octubre de 2013 cerca de la Isla San Pedro Nolasco, por el tamaño del calamar no es un Loliginido, probablemente sea *D. gigas* (Figura 16) (Dr. Unai Markaida. 2014. Comunicación personal. ECOSUR. Campeche, México). Este cefalópodo es importante dentro del ecosistema del Golfo de California, ya que son presas de peces pelágicos, tiburones y cachalotes (Rosas, 2007; Díaz-Gamboa, 2009; Gallo-Reynoso et al., 2009).

Durante primavera las principales presas son: la argentina del pacífico (*Argentina sialis*) y la merluza (*Merluccius productus*), estos peces se reportan en el estrato de 180 a 270 metros de profundidad en la costa este del Golfo de California (Acevedo-Cervantes et al., 2009). En el Archipiélago San Benito en la costa occidental de la península de Baja California los peces como la argentina del pacífico (*A. sialis*), la merluza (*Merluccius angustimanus*) y la roca (*Sebastes* spp.), son reportados como presas principales del lobo marino de California (Camacho-Ríos, 2004).

En la Isla Magdalena B.C.S., los machos adultos y machos subadultos, se alimentaron de 46 especies presa, las principales son: la merluza (*M. angustimanus*), miraciolo (*Kathetostoma avarruncus*), rubio volador (*Prionotus stephanophrys*), la viruela (*Lycodes pacificus*), la roca (*Sebastes* sp.), charrito (*Trachurus symmetricus*) y lagarto garrobo (*Synodus evermanni*), siendo especialistas con dietas que se caracterizan por ser bentónicas o demersales (Curiel-Hernández, 2009). Los machos subadultos en los Islotes B.C.S., quizá sean los principales responsables de la depredación sobre especies de aguas profundas como *Aulopus bajacali* (Auriolles-Gamboa et al., 2003).



Figura 16. Macho subadulto alimentándose de un calamar (Foto D. Guevara).

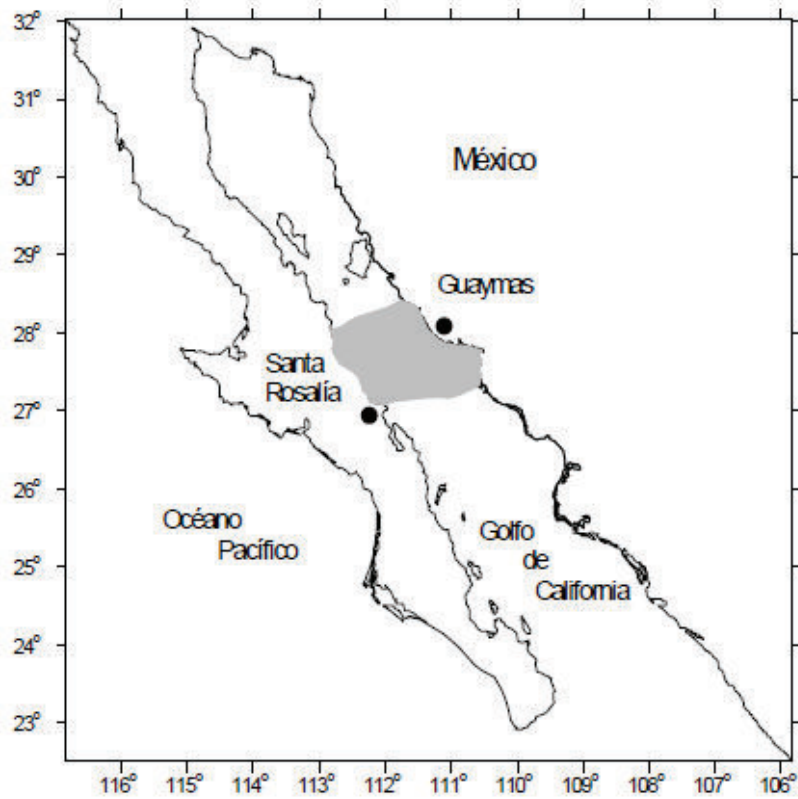


Figura 17. *Dosidicus gigas* en el Golfo de California (Morales-Bojórquez, 2002).

VIII.2.3. Superposición trófica

Los machos subadultos se alimentan de una mayor diversidad y riqueza específica en el espectro trófico que las hembras, posiblemente por el tamaño diferencial de los cuerpos, dado que a mayor tamaño de los pinnípedos, estos consumen una mayor diversidad de presas (Rivera, 2011). En la Isla San Miguel en California, los juveniles se alimentaron de 11 especies y las hembras de 33 especies (Orr et al., 2011), mientras que en los Islotes B.C.S., los machos adultos se alimentaron de 23 especies y las hembras de 17 especies (Cárdenas-Palomo, 2003 citado en Curiel-Hernández, 2009). Las hembras de Isla San Pedro Nolasco se alimentaron de 16 especies, mientras que los machos subadultos lo hicieron de 30 especies.

Los valores de amplitud del espectro trófico muestran que las hembras y los machos subadultos se comportan como depredadores especialistas tanto en invierno como en primavera. Dentro del Golfo de California el lobo marino de California en las colonias reproductivas de Los Islotes, San Pedro Mártir, El Rasito, El Partido, Lobos y Consag, es considerado un depredador especialista plástico (Porrás-Peters, 2004), dado que explota pocos recursos en un momento dado y la composición del alimento es temporalmente dinámica, enfoca su alimentación en el consumo de presas abundantes y accesibles estacionalmente (García-Rodríguez, 1999; Camacho-Ríos, 2004; Espinoza, 2007). En otras colonias reproductivas como Farallón de San Ignacio, San Pedro Nolasco y San Esteban, es considerado un depredador generalista, con alta diversidad de presas en dichas colonias (Porrás-Peters, 2004; Pérez-Cossío, 2015).

Una alta amplitud de dieta (generalista) podría indicar que los organismos estarían en ambientes que les ofrecen una mayor variedad para la elección de presas, lo que sería favorable para su supervivencia (Aurioles-Gamboa, 1999). Una diversidad más amplia del espectro trófico del lobo marino, le permite mediante esta estrategia evitar competencia por especies presa con otros pinnípedos con los que coexiste como en el Archipiélago San Benito, donde habita el lobo fino de Guadalupe; las presas más importantes del lobo marino son peces como *A. sialis*, *M. angustimanus* y *Sebastes* spp., mientras que el lobo fino consume

principalmente cefalópodos como *Loligo opalescens*, *Gonatus* spp. y *D. gigas* (Camacho-Ríos, 2004). Individuos de *Arctocephalus townsendi*, se han avistado en la Isla San Pedro Nolasco (Gallo-Reynoso, 2010; Barba-Acuña, 2012. Observación personal. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México), sin embargo no parece existir competencia por alimento entre *A. townsendi* y *Z. californianus* (Camacho-Ríos, 2004). Una excreta de lobo fino de Guadalupe de la zona de la Isla San Pedro Mártir colectada en alta mar el 24 de octubre de 2012, contenía otolitos de mictófidios, principalmente de *Symbolophorus californiensis* y *Diaphus theta*. También se encontraron partes duras cuyo origen no se pudo identificar si eran de crustáceos o de cefalópodos ya que el fraccionamiento era muy pequeño (Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso, comunicación personal. CIAD. Guaymas, Sonora).

Las colonias reproductivas de lobo marino de California que tienen una amplitud trófica baja (especialistas) y dependen de una menor diversidad de presas, podrían ser más susceptibles a la influencia de cambios en la abundancia o disponibilidad de sus presas preferenciales (García y Aurióles, 2004), tal es el caso de este estudio en el cual las hembras y machos subadultos dependen principalmente de pocas especies presas y el riesgo relativo de extirpación de esta colonia es de las más vulnerables de las colonias reproductivas del Golfo de California (Szteren, 2006). Por ejemplo, en otro otarido, la reducción de la diversidad de presas en la dieta del lobo marino de Steller (*Eumetopias jubatus*), es uno de los factores relacionados con su grave declinación poblacional (Trites y Donnelly, 2003).

Los peces son las presas principales en la dieta de las hembras y los machos subadultos del lobo marino de California en la colonia reproductiva de Isla San Pedro Nolasco, al igual que lo reportado para este otarido en otras colonias reproductivas dentro del Golfo de California (García y Aurióles, 2004) y para el lobo marino de Galápagos (*Z. wolfebaeki*) en el archipiélago de Galápagos (Salazar-Pico, 2005). Existe una alta similitud de la dieta entre ambas especies del género *Zalophus*, en el Golfo de California *Z. californianus* y en el Archipiélago Galápagos *Z. wolfebaeki*, con seis presas en común de las 10 principales, que explica los valores cercanos de nivel trófico entre ambas especies (Aurióles-Gamboa et al., 2009). El lobo marino de Galápagos es un depredador netamente ictiófago, tiene una estrategia costera enfocada a consumir peces epipelágicos, se alimenta principalmente de *Sardinops*

sagax, a diferencia del lobo fino de Galápagos (*Arctocephalus galapagoensis*) que es un depredador más oceánico, con preferencias hacia calamares de diferentes especies como *D. gigas* (Páez-Rosas, 2011).

En depredadores que se alimentan de cefalópodos el cadmio (Cd) suele ser elevado (Bustamante et al., 1998), se ha reportado que en la Isla San Pedro Nolasco son altos los niveles de Cd en muestras de bula timpánica de lobos marinos (Szteren, 2006), los cefalópodos *Pterygioteuthis hoylei*, *Abraliopsis affinis*, *D. gigas*, *Lolliguncula* sp. y *Octopus* sp., son presas de las hembras y machos subadultos en esta isla, sin embargo solo el calamar gigante *D. gigas* forma parte de las principales presas. En contraste, en los Islotes se reportaron los calamares *D. gigas* y *Mastigoteuthis dentata* como presas en la dieta del lobo marino de California, sin considerarlos especies principales (Aurioles-Gamboa et al., 2012). En Baja California Sur, el tiburón azul (*Prionace glauca*) consume principalmente al calamar (*O. banksii*) y el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) consume principalmente *D. gigas* y *Abraliopsis affinis* (Galvan-Magaña et al., 2002).

Los cefalópodos son presas poco frecuentes para el lobo marino de California en islas del Golfo de California (García y Aurioles, 2004), mientras que el lobo fino de Guadalupe en la Isla Guadalupe, se alimenta principalmente de los calamares *Onychoteuthis banksii*, *Eucleoteuthis luminosa*, *Gonatus* sp. y *D. gigas* (Gallo-Reynoso, 1994), además en el archipiélago de San Benito consume principalmente los calamares *Loligo opalescens*, *Gonatus* spp., *D. gigas*, *O. banksii* y *Pterygioteuthis giardi* (Camacho-Ríos, 2004; Esperón y Gallo, 2012; Gallo y Esperón, 2013).

El principal ambiente explotado por las hembras y los machos subadultos es diferente, dado que el tamaño corporal es un factor determinante en la capacidad de buceo y búsqueda de alimento (Weise et al., 2010). Los machos subadultos debido a su talla, tienen una mayor capacidad de buceo que las hembras, conllevando la depredación de presas de profundidad de ambiente demersal, ya que los pinnípedos más grandes pueden bucear más profundo y las estrategias de alimentación pueden ser diferentes (Rivera, 2011). Las diferencias de presas consumidas entre ambas categorías, sugiere que las hembras tienen un rango más limitado de

alimentación, de especies de peces y de calamares, que consume a un radio menor a los 30 km de la isla, con buceos de alimentación menores a los 75 metros (Durán-Lizarraga, 1998). Los buceos a mayor profundidad y los movimientos de migración y dispersión de los machos subadultos, les permiten encontrar áreas adecuadas para la alimentación y favorecer el rápido crecimiento. Por ejemplo, en otro otarido, las hembras del lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*), se alimentan en las cercanías de las colonias, en cambio los machos se dispersan a mayores distancias (Boyd et al., 1998).

En ambas estaciones las hembras se alimentan principalmente de especies pelágicas, mientras que los machos subadultos se alimentan principalmente de especies demersales. La alimentación de hembras de lobo marino de California cuando presentan lesiones en la mandíbula, se restringe a la zona costera o consumen presas bentónicas, en la profundidad les es más fácil atrapar a la presa mediante la succión, además en este ambiente sería más difícil que las presas escapen (Juárez-Rodríguez, 2011). En las colonias del sur del Golfo de California, las presas principales son de hábitos demersales y bentónicos, como en los Islotes *Serranus aequidens* y *Aulopus bajacali* (Porrás-Peters, 2004), mientras que *Sebastes jordani*, *Trichiurus lepturus* y *Porichthys notatus* en Farallón de San Ignacio (Pérez-Cossío, 2015). En la región del centro del Golfo de California, se ha reportado principalmente presas de hábitos pelágicos, como en San Pedro Nolasco, donde fueron *Cetengraulis mysticetus*, *Leachia pacifica*, *A. affinis*, *Haemulopsis leuciscus* y *E. mordax* (Porrás-Peters, 2004).

En la colonia de reproducción del Archipiélago San Benito frente a la costa oeste de Baja California, el lobo marino de California durante el verano se alimenta principalmente de los cefalópodos *L. opalescens* y *Gonatus* sp., y durante el invierno se alimenta principalmente de los peces *A. sialis* y *Sebastes* spp. (Pablo-Rodríguez, 2009). En la Isla San Pedro Nolasco las hembras no presentan variación en las especies principales dentro de su espectro trófico durante invierno y primavera (*Triphoturus mexicanus*, *E. mordax* y *Trachurus symmetricus*), en cambio los machos subadultos en su espectro trófico presentan una variación estacional, al alimentarse principalmente en invierno de *Porichthys notatus* y *D. gigas*, mientras que en primavera de *A. sialis* y *M. productus*.

En el archipiélago Galápagos el uso de diferentes zonas de alimentación y un consumo diferencial de presas por parte del lobo marino de Galápagos y el lobo fino de Galápagos sugieren la utilización de diferentes nichos tróficos, dando como resultado un bajo grado de superposición trófica en las colonias donde ambas especies coexisten (Páez-Rosas, 2011). También el aprovechamiento diferencial de presas se ha reportado para el lobo marino de California y el lobo fino de Guadalupe en el archipiélago San Benito en la costa occidental de la península de Baja California (Camacho-Ríos, 2004).

En los pinnípedos los hábitos alimentarios pueden cambiar aun en una misma especie, de acuerdo a la localidad, la abundancia del alimento, la estacionalidad, la edad o el sexo (Hume et al., 2004; Esperón y Gallo, 2013). Los estudios que utilizan el análisis de isótopos estables en los tejidos del lobo marino de California, revelan diferentes valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ entre categorías de sexo y edad, reflejando diferencias en la conducta alimentaria, tanto ontogénicas como relacionadas al sexo (González-Rodríguez, 2002; Elorriaga-Verplancken, 2009). En este estudio mediante el análisis de heces fecales, la dieta es diferente entre las hembras y los machos subadultos, alimentándose de presas y ambientes diferentes, con una baja superposición trófica.

VIII.3. Metodologías Utilizadas

Los censos del lobo marino de California realizados en la Isla San Pedro Nolasco, permitieron realizar una estimación confiable de la abundancia y estructura poblacional, dado que cada categoría presenta características morfológicas particulares compartidas por sus integrantes, en parte debidas al marcado dimorfismo sexual de la especie (Aurioles y Zavala, 1994). Además los individuos de todas las clases de edad y sexo, especialmente adultos y crías, se encuentran en las colonias reproductivas del Golfo de California llevando a cabo distintas actividades relacionadas con la reproducción y la crianza (Inclán-Magaña, 1999; Aurioles-Gamboa et al., 2012).

Las técnicas de análisis de ácidos grasos y el análisis de razones isotópicas de nitrógeno y carbono ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$) en tejidos del lobo marino de California, permiten determinar los hábitos alimentarios por edad y sexo (Elorriaga- Verplancken, 2009; Cupa-Cedillo, 2007), con una evaluación precisa del nivel trófico y su amplitud ($\delta^{15}\text{N}$), así como del origen de la materia orgánica o el hábitat de las presas: marino/dulceacuícola, costero/oceánico, pelágico/bentónico ($\delta^{13}\text{C}$) (Juárez-Rodríguez, 2011), sin embargo no proporcionan información de manera directa sobre las especies que componen la dieta (Porrás-Peters, 2004; Cupa-Cedillo, 2007).

Para conocer parte de la estructura alimentaria del lobo marino de California en la colonia reproductiva de la Isla San Pedro Nolasco, se realizaron colectas de heces fecales dada la segregación en el uso del hábitat (Orr et al., 2011), además se utilizó la morfometría de las muestras, metodología que ha sido aplicada en especies de mamíferos terrestres (Sánchez-Rojas et al., 2004; Morden et al., 2011). La técnica de colecta y análisis de heces fecales permite obtener una gran cantidad de muestras sin dañar a los organismos (Porrás-Peters, 2004), en cambio el análisis de contenido estomacal (Aurióles-Gamboa, 1988), de animales varados o sacrificados no es común y tampoco fácil en el estudio de la ecología alimentaria de los mamíferos marinos, debido principalmente a que el tamaño de muestra es comúnmente bajo (Fitch y Brownell, 1968).

La recuperación de los otolitos de peces y los picos de los cefalópodos en heces fecales de ictiófagos y teutofagos, puede ser utilizada para identificar las especies consumidas (Tombari et al., 2010; Vega, 2011), debido a que estas estructuras presentan una alta especificidad morfológica (Martínez-Pérez et al., 2007). Sin embargo la determinación de los hábitos alimentarios a través de la colecta de heces fecales y la recuperación de los otolitos y picos de cefalópodos, puede presentar sesgos en la determinación de la importancia de las especies que constituyen la dieta, debido a que los otolitos pueden llegar a ser disueltos en los ácidos estomacales de los pinnípedos (Dellinger y Trillmich 1988) y los picos de cefalópodos grandes, en ocasiones se mantienen en el estómago sin poder cruzar el píloro y luego son regurgitados, por lo que puede ocurrir una subestimación en el consumo de calamares (Orr y Harvey, 2001).

Considerando que cada metodología puede llegar a tener sesgos, la combinación de varias de ellas proporciona una mejor comprensión de la estructura alimentaria (Páez-Rosas, 2008; Tucker et al., 2008; Orr, 2011), lo que aporta conocimiento muy valioso sobre los hábitos alimentarios y los diferentes hábitats explotados por el lobo marino de California; además el uso de metodologías alternativas para la evaluación del estatus de la población, es de vital importancia en la conservación del lobo marino de California (Green et al., 2010) como una especie indicadora del estatus ecológico de los ambientes marinos que explota, los cuales pueden ser evaluados para su conservación.

IX. CONCLUSIONES

Se rechaza la hipótesis de no diferencias estacionales en la estructura poblacional entre invierno, primavera, verano y otoño del 2012.

El mayor tamaño de la población es durante el verano y se debe a la gran cantidad de hembras con crías durante el período reproductivo.

Se acepta la hipótesis de diferencias en la composición de la dieta de hembras y machos subadultos, alimentándose de distintas especies presa principales durante invierno y primavera del 2012.

Las hembras se alimentan principalmente de los peces *Triphoturus mexicanus*, *Trachurus symmetricus* y *Engraulis mordax* en invierno y primavera, considerándose en ambas estaciones depredadores especialistas, explotando mayormente el ambiente pelágico.

Los machos subadultos se alimentan principalmente del pez *Porichthys notatus* y el calamar *Dosidicus gigas* en invierno y de los peces *Argentina sialis* y *Merluccius productus* en primavera, considerándose en ambas estaciones depredadores especialistas, explotando mayormente el ambiente demersal.

La composición de la dieta de los machos subadultos presenta una mayor diversidad y riqueza de especies presa que las hembras, además existe un bajo grado de superposición trófica entre ambas categorías reflejado en el consumo diferencial de especies presa principales y del ambiente explotado.

X. LITERATURA CITADA

- Acevedo-Cervantes, A., J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia y J. Rodríguez-Romero. 2009. Análisis de la abundancia, dominancia y diversidad de la comunidad de peces demersales de profundidad de 90 a 540 metros en el Golfo de California, México. *Interciencia* 34(9):660-665.
- Álvarez-Borrego, S. 2002. The Physical Scene: Chapter 3. *Physical Oceanography*. 41-59 p. En: Case, T., M. Cody y E. Escurra (Eds.), *Island Biogeography in the Sea of Cortez*. Oxford University Press. 669 p.
- Aurioles-Gamboa, D. 1988. Behavioral ecology of California sea lion in the Gulf of California. PhD Dissertation. University of California, Santa Cruz. 175 p.
- Aurioles-Gamboa, D. 1999. Ecología poblacional y alimentaria del lobo marino de California en la Bahía de La Paz, B.C.S., Golfo de California. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H081. México D.F.
- Aurioles-Gamboa, D. y A. Zavala-González. 1994. Algunos factores ecológicos que determinan la distribución y abundancia del lobo marino *Zalophus californianus* en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 20(4):535-553.
- Aurioles-Gamboa, D. y F. Trillmich. 2008. *Zalophus californianus*. En: IUCN 2013. IUCN Red list of threatened species. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 14 August 2013.
- Aurioles-Gamboa, D., C. Fox, F. Sinsel y G. Tanos. 1984. Prey of the California sea lions (*Zalophus californianus*) in the bay of La Paz, Baja California Sur, México. *Journal of Mammalogy* 65(3):519-521.

- Aurioles-Gamboa, D., F. García, M. Ramírez y C. Hernández. 2003. Interacción entre el lobo marino de California y la pesquería artesanal en la Bahía de La Paz, Golfo de California, México. *Ciencias Marinas* 29:357-370.
- Aurioles-Gamboa, D., S. Newsome, S. Salazar-Pico y P. Koch. 2009. Stable isotope differences between sea lions (*Zalophus*) from the Gulf of California and Galápagos Islands. *Journal of Mammalogy* 90:1410-1420.
- Aurioles-Gamboa, D., J. Gallo-Reynoso, C. Hernández-Camacho, F. Elorriaga-Verplanken, M. Juárez-Rodríguez y N. Quezadas-Tapia. 2011. Monitoreo de la población y condición de salud del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) en las colonias de reproducción del Golfo de California. PROMOBICONANP. 51 p.
- Aurioles-Gamboa, D., J. Gallo-Reynoso, C. Hernández-Camacho, S. Tobar-Hurtado y N. Quezadas-Tapia. 2012. Monitoreo de la población del lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en colonias reproductivas del Golfo de California y estudio de la interacción con las pesquerías artesanales; tres casos de estudio. PROMOBICONANP. 78 p.
- Aurioles-Gamboa, D., M. Rodríguez-Pérez, L. Sánchez-Velasco y M. Lavín. 2013. Habitat, trophic level, and residence of marine mammals in the Gulf of California assessed by stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series* 488: 275-290.
- Balart, E., J. Castro, D. Aurioles, F. García y C. Villavicencio. 1995. Adiciones a la ictiofauna de Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica* 5(1-2):79-85.
- Bartholomew, G. A. 1970. A model for the evolution of pinniped polygyny. *Evolution* 24:546-559.

- Bautista-Vega, A. 2002. Alimentación del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*, Lesson, 1828), y su relación con los pelágicos menores en Bahía Magdalena, B.C.S, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México, D.F. México. 77 p.
- Berta, A., J. Sumich y K. Kovacs. 2006. Marine Mammals: Evolutionary Biology. Academic Press, San Diego. 547 p.
- Boness, D. y W. Bowen. 1996. The evolution of maternal care in pinnipeds. *BioScience* 46(9):645-654.
- Bowen, T. 2000. Unknown island. University of New Mexico Press. Albuquerque. 548 p.
- Boyd, I., D. MacCafferty, K. Reid, T. Taylor y T. Walker. 1998. Dispersal of male and female Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 55:845-852.
- Brusca, R. 2010. The Gulf of California: Biodiversity and Conservation. Arizona-Sonora Desert Museum Press and University of Arizona Press. 336 p.
- Bustamante, P., F. Caurant, S. Fowler y P. Miramand. 1998. Cephalopods as a vector for the transfer of cadmium to top marine predators in the north-east Atlantic Ocean. *The Science of the Total Environment* 220:71-80.
- Call, K. y R. Ream. 2012. Prey selection of subadult male northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) and evidence of dietary niche overlap with adult females during the breeding season. *Marine Mammal Science* 28(1):1-15.
- Camacho-Ríos, F. 2004. Estructura alimentaria y posición trófica de dos especies de otáridos *Zalophus californianus* y *Arctocephalus townsendi* en las islas San Benito, B.C., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 94 p.

- Case, T. J. 2002. The Biological Scene: Chapter 9. Reptiles: Ecology. 221-270 p. En: Case, T., M. Cody y E. Ecurra (Eds.), Island Biogeography in the Sea of Cortez. Oxford University Press. 669 p.
- Cass, V. 1985. Exploitation of California sea lions, *Zalophus californianus*, prior to 1972. Marine Fisheries Review 47(1):136-138.
- Castro-González, M., D. Auriolés y F. Pérez. 2003. Ácidos grasos en plasma de crías de lobo marino de California (*Zalophus c. californianus*) de Los Islotes, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas 29(1):9-20.
- CONANP, 2007. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir. 213 p.
- CONANP-SEMARNAP. 2000. Programa de manejo Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California. 262 p.
- Cotero-Altamirano, C. 2000. Dinámica de la población de la anchoveta *Engraulis mordax* del Golfo de California. Tesis Doctoral. CICESE. Ensenada, Baja California, México. 121 p.
- Cupa-Cedillo, L. 2007. Evaluación de los perfiles de ácidos grasos del lobo marino de California *Zalophus californianus* en estudios de alimentación. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 124 p.
- Curiel-Hernández, J. 2009. Alimentación de machos adultos y subadultos de lobo marino de California *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1828) de la Isla Magdalena, B.C.S. México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Guadalajara. 53 p.

- De Silva-Dávila, R., F. Hochberg, A. Lindgren y M. Franco-Gordo. 2013. Paralarval development, abundance, and distribution of *Pterygioteuthis hoylei* (Cephalopoda: Oegopsida: Pyroteuthidae) in the Gulf of California, México. *Molluscan Research* 33(1):50-64.
- Dellinger, T. y F. Trillmich. 1988. Estimating diet composition from scat analysis in otariid seals (Otariidae): is it reliable? *Canadian Journal of Zoology* 66:1865-1870.
- Díaz-Gamboa, R. 2009. Relaciones tróficas de los cetáceos teutófagos con el calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California. Tesis de Doctor en Ciencias Marinas. CICIMAR-IPN. Baja California Sur. 103 p.
- Díaz-Murillo, B. 2007. Catálogo de otolitos de peces marinos de las costas adyacentes a Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz B.C.S., México. 166 p.
- Donat-Hernández, S. 2012. Variación estacional de la alimentación del lobo marino, *Zalophus californianus* de Isla Magdalena, Baja California Sur, México: Aplicación del análisis de excretas e isótopos estables de carbono y nitrógeno. Tesis de Maestría en Ciencias. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México, D.F. 90 p.
- Drago, M. 2010. Dieta y dinámica poblacional del león marino del sur *Otaria flavescens* en Patagonia. Tesis de Doctorado en Zoología. Universidad de Barcelona. 232 p.
- Durán-Lizarraga, M. 1998. Caracterización de los buceos de alimentación del lobo marino *Zalophus californianus* y su relación con variables ambientales en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 82 p.
- Elorriaga-Verplancken, F. 2009. Variación de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en colágeno dental de lobos marinos del género *Zalophus*: patrones ontogénicos y geográficos. Tesis de Doctor en Ciencias Marinas. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 163 p.

- Elorriaga-Verplancken, F., D. Aurióles-Gamboa, D. Newsome y S. Martínez-Díaz. 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* 160:641-652.
- Escobar-Sánchez, O. 2004. Hábitos alimentarios del tiburón ángel *Squatina californica* (Ayres, 1859) en el suroeste del Golfo de California, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 99 p.
- Esperón-Rodríguez, M. y J. 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. y J. Gallo-Reynoso. 2012. Recolonización del archipiélago de San Benito, Baja California, por el lobo fino de Guadalupe. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:170-176.
- Esperón-Rodríguez, M. y J. Gallo-Reynoso. 2013. Juvenile and subadult feeding preferences of the Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*) at San Benito Archipelago, México. *Aquatic Mammals* 39(2):125-131.
- Espinoza-De los Reyes Ayala, M. 2007. Variabilidad espacial de la dieta del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*, Lesson 1828). Tesis de Maestría en Ciencias. CICESE. Ensenada Baja California, México. 189 p.
- Fariña, J., S. Salazar, K. Wallem, J. Witman y J. Ellis. 2003. Nutrient exchanges between marine and terrestrial ecosystems: the case of the Galapagos sea lion *Zalophus wollebaecki*. *Journal of Animal Ecology* 72:873-887.
- Feldkamp, S. 1987. Swimming in the California sea lion: Morphometrics, drag and energetic. *The Journal of Experimental Biology* 131:117-135.

- Felger, R. y M. Moser. 1985. People of the desert and sea: Ethnobotany of the Seri indians. University of Arizona Press. Tucson. 435 p.
- Felger, R., B. Wilder y J. Gallo. 2011. Floristic diversity and long-term vegetation dynamics of San Pedro Nolasco Island, Gulf of California, Mexico. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History* 43:1-42.
- Fitch, J y R. Brownell. 1968. Fish otoliths in cetacean stomach and their importance in interpreting feeding habits. *Journal fisheries research board of Canada* 25(12):2561-2574.
- Flatz, R. y L. Gerber. 2010. First evidence for adoption in California sea lions. *PLoS ONE* 5(11):e13873.
- Flatz, R., M. González, J. Young, C. Hernández, A. Immel y L. Gerber. 2012. Weak polygyny in California sea lions and the potential for alternative mating tactics. *PLoS ONE* 7(3):e33654.
- Fleischer, L. y F. Cervantes. 1990. Abundancia de lobos marinos (*Zalophus californianus*) en la región de Guaymas, Sonora, México y su impacto en la pesca ribereña. 41-59 p. En: Estudios sobre el lobo marino en el noroeste de México. Instituto Nacional de Ecología.
- Gallo-Reynoso, J. 1994. Factors affecting the population status of Guadalupe fur seal, *Arctocephalus townsendi* (Merriam, 1897), at Isla de Guadalupe, Baja California, México. PhD Dissertation. University of California, Santa Cruz. 199 p.
- Gallo-Reynoso, J. 1998. La vaquita marina y su hábitat crítico en el Alto Golfo de California. INE-SEMARNAP. *Gaceta Ecológica* 47:29-44.

- Gallo-Reynoso, J. 2003. Mortandad de mamíferos marinos en el área de Guaymas debido a la interacción con las pesquerías. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Guaymas. 34 p.
- Gallo-Reynoso, J. 2005. El elefante marino del norte. Boletín bimestral de la comisión de la biodiversidad. Biodiversitas, No. 59, 6 p.
- Gallo-Reynoso, J. y M. Hoyos-Padilla. 2011. Elefante marino dueño de las playas. Revista sobre conservación y Biodiversidad. Especies 15-23 p.
- Gallo-Reynoso, J. P. y A. González-Martínez. 2003. Estudio previo justificativo para proponer el establecimiento de la región “Sierra del Aguaje, Bahía de San Francisco e Isla San Pedro Nolasco y sus aguas aledañas” como una nueva Área Natural Protegida. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Guaymas. 227 p.
- Gallo-Reynoso, J. y A. Ortega. 1986. The first report of *Zalophus californianus* in Acapulco, México. Marine Mammal Science 2(2):158.
- Gallo-Reynoso, J. y D. Aurióles-Gamboa. 1984. Distribución y estado actual de la población de foca común (*Phoca vitulina richardsi* Gray, 1864), en la península de Baja California, México. Anales del Instituto de Biología, UNAM. Series de Zoología 2:323-332.
- Gallo-Reynoso, J. y J. Solórzano. 1991. Two new sightings of California sea lions on the southern coast of Mexico. Marine Mammal Science 7(1):96
- Gallo-Reynoso, J. y L. Rojas. 1986. Nombres científicos y comunes de los mamíferos marinos de México. Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie de Zoología 3:1043-1056.

- Gallo-Reynoso, J. y 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*. 13 p.
- Gallo-Reynoso, J., A. Figueroa-Carranza y B. Le Boeuf. 2008. Foraging behavior of lactating Guadalupe fur seal females. 595-614 p. En: Lorenzo, C., E. Espinoza y J. Ortega (Eds.), *Avances en el Estudio de los mamíferos de México*. Publicaciones Especiales, Vol. II, Asociación Mexicana de Mastozoología, A, C. México, D.F.
- Gallo-Reynoso, J., J. Égido-Villarreal y E. Coria-Galindo. 2006. Sustentabilidad de las pesquerías y conservación de cachalotes, *Physeter macrocephalus*, en la zona de Guaymas. Reporte final Convenio KF65 CIAD. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Guaymas. 54 p.
- Gallo-Reynoso, J., J. Égido y E. Coria. 2009. Sperm whale distribution and diving behaviour in relation to presence of jumbo squid in Guaymas Basin, Mexico. *Marine Biodiversity Record* 2:e139, 5 p.
- Gallo-Reynoso, J., J. Égido-Villarreal y G. Martínez-Villalba. 2011. Reaction of fin whales *Balaenoptera physalus* to an earthquake. *The International Journal of Animal Sound and its Recording* 20:317-330.
- Gallo-Reynoso, J., M. Maravilla y C. Navarro. 2010. New records of non-resident pinnipeds from the Gulf of California, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:209-213.
- Gallo-Reynoso, J., R. Felger y B. Wilder. 2012. Near colonization of a desert island by a tropical bird: military macaw (*Ara militaris*) at isla San Pedro Nolasco, Sonora, México. *The Southwestern Naturalist* 57(4):459-462.

- Gallo-Reynoso, J., B. Le Boeuf, A. Figueroa y M. Maravilla. 2005. Los pinnípedos de Isla Guadalupe. 170-201 p. En: Isla Guadalupe, Restauración y Conservación. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Galvan-Magaña, F., N. Aguilar-Castro, A. Chávez-Costa y A. Bravo-Quezada. 2002. Cephalopods predated by sharks in Baja California Sur. 1st international workshop of squids. 2nd international symposium of pacific squids. La Paz Baja California Sur, México. 20-21 p.
- García-Aguilar, M. 1999. Estrategias de conducta de hembras reproductoras de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en la lobera Los Islotes, Bahía de la Paz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 49 p.
- García-Aguilar, M. y D. Aurióles-Gamboa. 2003. Cuidado materno en el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) de Los Islotes, Golfo de California, México. Ciencias Marinas 29:573-583.
- García-Rivas, M. 2008. Sistema de apareamiento del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) en la isla Ángel de la Guarda, B.C. México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM, D.F. 62 p.
- García-Rodríguez, F. 1995. Ecología alimentaria del lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus* en Los Islotes, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. 106 p.
- García-Rodríguez, F. 1999. Cambios espaciales y estacionales en la estructura trófica y consumo del lobo marino de California, *Zalophus californianus* en la región de las grandes islas, Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 99 p.

- García-Rodríguez, F. y D. Aurióles-Gamboa. 2004. Spatial and temporal variations in the diet of the California sea lions (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, México. Fishery Bulletin 102(1):47-62.
- García Ruiz Velasco, V. 2015. Relaciones tróficas entre depredadores y presas que participan en asociaciones de alimentación en el Golfo de California, México. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 72 p.
- Godínez-Reyes, C., K. Santos-Del Prado, H. Zepeda-López, A. Aguirre, D. Anderson, A. Parás-González, E. Velarde y A. Zavala-González. 2006. Monitoreo de poblaciones y condición de salud de aves marinas y lobos marinos en islas del norte del Golfo de California, México. Gaceta Ecológica (081):31-45.
- González-Rodríguez, M. 2002. Historia trófica por edad y sexo del lobo marino de California *Zalophus californianus* utilizando las razones isotópicas $^{13}C/^{12}C$ y $^{15}N/^{14}N$ en colágeno de dientes. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 63 p.
- González-Suárez, M., D. Aurióles y L. Gerber. 2010. Past exploitation of California sea lions did not lead to a genetic bottleneck in the Gulf of California. Ciencias Marinas 36(3):199-211.
- Green, D., J. Young, C. Hernández y L. Gerber. 2010. Developing a non-invasive indicator of pinniped health: Neonate behavior and growth in California sea lions (*Zalophus californianus*). Ciencias Marinas 36(3):311-321.
- Harvey, J., T. Loughlin, M. Perez y D. Oxman. 2000. Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the eastern North Pacific Ocean. NOAA Technical Report NMFS 150. 36 p.

- Hernández-Camacho, C. 2001. Tabla de vida del lobo marino de California *Zalophus californianus californianus* en la lobera Los Islotes, B. C. S., México. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 67 p.
- Hofmeyr, G., M. Bester, S. Kirkman, C. Lydersen y K. Kovacs. 2010. Intraspecific differences in the diet of Antarctic fur seals at Nyrøysa, Bouvetøya. *Polar Biology* 33:1171-1178.
- Hume, F., M. Hindell, D. Pemberton y R. Gales. 2004. Spatial and temporal variation in the diet of a high trophic level predator, the Australian fur seal (*Arctocephalus pusillus doriferus*). *Marine Biology* 144:407-415.
- Inclán-Magaña, L. 1999. Estimación del tamaño de la población del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) en la región de las grandes islas, Golfo de California, México, utilizando tablas de vida. Tesis de Maestría en Ciencias. CICESE. Ensenada Baja California, México. 74 p.
- Jefferson, T., S. Leatherwood y M. Webber. 1993. FAO species identification guide. Marine mammals of the world. Rome, FAO. 320 p.
- Juárez-Rodríguez, M. 2011. Cambios patológicos atribuidos a la osteoartritis y osteomielitis mandibular y su posible relación con la alimentación del lobo marino de California (*Zalophus californianus*). Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México, D.F. México. 86 p.
- Labrada-Martagón, V. 2003. Influencia del turismo sobre la conducta del lobo marino de California *Zalophus californianus*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 78 p.
- Le Boeuf, B., K. Kenyon, B. Villa y J. Gallo. 1986. The Caribbean monk seal *Monachus tropicalis* is extinct. *Marine Mammal Science* 2(1):70-72.

- Lindsay, G. y I. Engstrand. 2002. The Physical Scene: Chapter 1. History of Scientific Exploration in the Sea of Cortés. 3-13 p. En: Case, T., M. Cody y E. Escurra (Eds.), Island Biogeography in the Sea of Cortez. Oxford University Press.
- Lluch-Belda, D. 1969. El lobo marino de California, *Zalophus californianus* (Lesson 1828). Allen 1880. Observaciones sobre su ecología y explotación. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F. 69 p.
- Long, D. y L. Gilbert. 1997. California sea lion predation on chicks of the common murre. *Journal of Field Ornithology* 68(1):152-154.
- Lowry, M. S. 2011. Photographic catalog of California marine fish otoliths: prey of California sea lions (*Zalophus californianus*). NOAA-TM-NMFS-SWFSC-483. 250 p.
- Lowry, M. y J. Carretta. 1999. Market squid (*Loligo opalescens*) in the diet of California sea lions (*Zalophus californianus*) in southern California (1981-1995). *CalCOFI* 40:196-207.
- Lowry, M. y M. Maravilla. 2005. Recent abundance of California sea lions in western Baja California, Mexico and the United States. *Proceedings Symposium California Channel Islands*. Ventura CA. 94-106 p.
- Lubinsky, D. 2010. Estado actual de la foca común del Pacífico oriental (*Phoca vitulina richardsi*), en México. Tesis de Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Ensenada, Baja California, México. 128 p.
- Luque, S. 1999. Comparación de la condición corporal de crías de lobo marino *Zalophus californianus*, en once colonias reproductivas del Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias, CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 109 p.

- Mahrt, J. 1979. Hematozoa of lizards from southeastern Arizona and Isla San Pedro Nolasco, Gulf of California, Mexico. *The journal of parasitology* 65(6):972-975.
- Maniscalco, J., K. Wynne, K. Pitcher, M. Hanson, S. Melin y S. Atkinson. 2004. The occurrence of California sea lions (*Zalophus californianus*) in Alaska. *Aquatic Mammals* 30(3):427-433.
- Maravilla-Chávez, M., S. Hernández-Vázquez, A. Zavala-González y A. Ortega-Rubio. 2006. Reduction of the impact produced by sea lions on the fisheries in Mexico. *Journal of Environmental Biology* 27(4):629-631.
- Markaida-Aburto, U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California, México. Tesis Doctoral. CICESE. Ensenada, Baja California, México. 387 p.
- Markaida, U., J. Rosenthal y W. Gilly. 2005. Tagging studies on the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico. *Fishery Bulletin* 103:219-226.
- Márquez-Farías, J., J. Rodríguez-Valencia y M. Cisneros-Mata. 2006. Distribución y migración de tiburones pelágicos en el Golfo de California y sus zonas adyacentes: Reporte técnico parcial de investigación conjunta entre el Instituto Nacional de la Pesca y el Programa Golfo de California de WWF-México. 29 p.
- Martínez-Pérez, J., M. Chávez-Arteaga, J. Tello-Musi y A. Morales-Aranda. 2007. Utilización de otolitos como herramienta en la determinación de especies. *Revista de Zoología* 018:13-18.
- Martínez-Vargas, A. 2015. Aspectos ecológicos y moleculares del cangrejo terrestre *Johngarthia planata* (Stimpson, 1860) en la Isla San Pedro Nolasco, Sonora, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Guaymas Sonora, México. 65 p.

- Martínez-Villalba, M. 2008. Distribución y abundancia de la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) en aguas adyacentes a Guaymas y algunas inferencias ecológicas generales de esta especie en el Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México, D.F. 86 p.
- Mascareño, O., O. Oropeza y E. Balart. 2003. Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California. Eds. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Centro de Investigaciones del Noroeste, S.C. 120 p.
- Mejía-Ruíz, P. 2011. Fidelidad al sitio de nacimiento en el lobo marino de California, *Zalophus californianus*, durante la temporada reproductiva en la loberas Los Islotes, Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz B.C.S., México. 53 p.
- Melin, S., R. DeLong y D. Siniff. 2008. The effects of El Niño on the foraging behavior of lactating California sea lions (*Zalophus californianus californianus*) during the nonbreeding season. *Canadian Journal of Zoology* 86:192-206.
- Mellink, E. y A. Romero. 2005. Dieta del lobo marino de California, (*Zalophus californianus* Lesson, 1828), en la Isla San Jorge, en el norte del Golfo de California, México, 1998-1999. *Ciencias Marinas* 31(2):369-377.
- Morales-Bojórquez, E. 2002. Comentarios acerca de la relación entre la temperatura y la captura de calamar gigante. *Ciencias Marinas* 28(2):211-221.
- Morden, C., B. Weladji, E. Ropstad, E. Dahl y Ø. Holand. 2011. Use of faecal pellet size to differentiate age classes in female Svalbard reindeer *Rangifer tarandus platyrhynchus*. *Wildlife Biology* 17(4):441-448.

- Mote-Herrera, S. 2011. $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ en vibrisas de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) como indicador de la variación trófica estacional en bahía Magdalena y bahía de La Paz, B.C.S, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 90 p.
- Nevarez-Martínez, M., A. Hernández-Herrera, E. Morales-Bojórquez, A. Balmori-Ramírez, M. Cisneros-Mata y R. Morales-Azpeitia. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research 49:129-140.
- Newsome, S., P. Koch, M. Etnier y D. Aurioles. 2006. Using carbon and nitrogen isotope values to investigate maternal strategies in Northeast Pacific Otariids. Marine Mammal Science 22(2):1-18.
- Niño-Torres, C., J. Gallo-Reynoso, F. Galván-Magaña, E. Escobar-Briones y S. Macko. 2006. Isotopic analysis of $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ y $\delta^{34}S$ 'a feeding tale' in teeth of the long beaked common dolphin, *Delphinus capensis*. Marine Mammal Science 22:831-846.
- Orr, A. y J. Harvey. 2001. Quantifying errors associated with using fecal samples to determine the diet of the California sea lion (*Zalophus californianus*). Canadian Journal of Zoology 79:1080-1087.
- Orr, J., G. VanBlaricom, R. DeLong, V. Cruz y S. Newsome. 2011. Intraspecific comparison of diet of California sea lions (*Zalophus californianus*) assessed using fecal and stable isotope analyses. Canadian Journal of Zoology 89:109-122.
- Ortega-Ortiz, C., F. Elorriaga-Verplancken, L. Rodríguez-Téllez, A. Olivos-Ortiz y J. Gaviño-Rodríguez. 2013. Primer registro de un lobo marino de California (*Zalophus californianus*) neonato en Manzanillo, Colima, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 84:705-708.

- Ortiz-López, D. 2010. Preferencia de hábitat de los lobos marinos de California (*Zalophus californianus*) de la Isla San Pedro Nolasco, Guaymas, Sonora, México. Reporte interno, CIAD y Universidad Veracruzana. 34 p.
- Pablo-Rodríguez, N. 2009. Amplitud, nivel y superposición trófica de los pinnípedos de islas San Benito B.C. México. La paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 87 p.
- Páez-Rosas, D. 2008. Diversificación de dietas en tres colonias de lobo marino de Galápagos, *Zalophus wolfebaeki*, evaluada con análisis de excretas e isótopos estables de C y N. Tesis de Maestro en Ciencias con Especialidad en Manejo de Recursos Marinos. IPN-CICIMAR. La Paz, B.C.S., México. 97 p.
- Páez-Rosas, D. 2011. Ecología trófica de los pinnípedos de las Islas Galápagos: análisis espacial y temporal. Tesis de Doctor en Ciencias Marinas. CICIMAR-IPN. Baja California Sur. 146 p.
- Pauly, D., A. Trites, E. Capuli y V. Christensen. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. ICES Journal of Marine Science 55:467-481.
- Paxton, J., R. Lavenberg y C. Sommer. 1995. Myctophidae: linternillas. 3:1315-1321. En: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. Niem (Eds.), Guía FAO para identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. FAO, Roma.
- Pérez-Cossío, J. 2015. Hábitos alimenticios del lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en la Isla Farallón de San Ignacio, Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. 72 p.

- Pérez y Sosa, M. C. 2014. Distribución espacial de mamíferos marinos asociada a la geomorfología del fondo marino alrededor de la Isla San Pedro Nolasco en el Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias del mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 96 p.
- Porras-Peters, H. 2004. Nivel, amplitud y superposición trófica de las colonias de lobo marino *Zalophus californianus* del Golfo de California, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. 55 p.
- Porras-Peters, H., D. Aurióles, V. Cruz y P. Koch. 2008. Trophic level and overlap of California sea lions, *Zalophus californianus* in the Gulf of California. *Marine Mammal Science* 24(3):554-576.
- Quezadas-Tapia, N. 2010. Hábitos alimentarios del lobo marino de California (*Zalophus californianus* Lesson, 1828), en la Isla San Pedro Nolasco, Sonora. Tesina. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. 60 p.
- Ramírez-Lozano, M. 1998. Conducta de hembras de lobo marino de California *Zalophus c. californianus*, durante la estación reproductiva en la isla Ángel de la Guarda, Golfo de California, México. Tesis profesional. UNAM. México, D.F. 82 p.
- Rivera, C. 2011. Efecto del tamaño corporal en la diversidad de presas de los Pinnípedos. Tesina de grado de Licenciado en Ciencias Biológicas, Opción Ecología. Universidad de la Republica, Uruguay. 31 p.
- Rodríguez-Pérez, M., E. Escobar-Briones, J. Gallo-Reynoso, P. Morales-Puente y E. Cienfuegos-Alvarado. 2010. Composición elemental e isotópica estable de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en *Phocoena sinus*. En: 60 años de la colección nacional de mamíferos del Instituto de Biología, UNAM: Aportaciones al conocimiento y conservación de los mamíferos mexicanos. Instituto de Biología, UNAM, México. 147-154.

- Rosas, R. 2007. Descripción de la alimentación del calamar gigante *Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835 en la costa occidental de la península de Baja California. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. CIBNOR. La Paz, Baja California Sur. 84 p.
- Salazar-Godoy, A. 1989. Hábitos alimenticios, distribución y tamaño de población del lobo marino *Zalophus californianus* en Isla Cedros, B.C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. 74 p.
- Salazar-Pico, S. 2005. Variación temporal y espacial del espectro trófico del lobo marino de Galápagos (*Zalophus wollebaeki*). Tesis de Maestro en Ciencias con Especialidad en Manejo de Recursos Marinos. IPN-CICIMAR. La Paz, Baja California Sur, México. 111 p.
- Salazar-Valenzuela, X. 2006. Variabilidad espacial de perfiles de ácidos grasos en el lobo marino (*Zalophus californianus*) y su utilidad para diferenciar hábitos alimentarios entre colonias reproductivas del Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur, México. 108 p.
- Sánchez-Arias, M. 1992. Contribución al conocimiento de los hábitos alimentarios del lobo marino de California *Zalophus californianus* en las Islas Ángel de la Guarda y Granito, Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. México, D.F. 63 p.
- Sánchez-Rojas, G., S. Gallina y M. Equihua. 2004. Pellet morphometry as a tool to distinguish age and sex in the mule deer. *Zoo-Biology* 23:139-146.
- Santana-Iturríos, M., D. Palacios-Salgado y C. Salinas-Zavala. 2013. Abundance and distribution of lantern fishes (Myctophiformes: Myctophidae) around San Pedro Mártir Island, Gulf of California, during 2008. *Latin American Journal of Aquatic Research* 41(3):387-394.

- Schramm, Y., S. Mesnick, J. De la Rosa, D. Palacios, M. Lowry, D. Aurióles, H. Snell y S. Escorza. 2009. Phylogeography of California and Galápagos sea lions and population structure within the California sea lion. *Marine Biology* 156:1375-1387.
- Schusterman, R. y S. Parijs. 2003. Pinniped vocal communication: an introduction. *Aquatic Mammals* 29.2:177-180.
- Szteren, D. 2006. Regionalización ecológica de las colonias reproductivas de *Zalophus californianus californianus* en el Golfo de California, México. Tesis de Doctor en Ciencias Marinas. CICIMAR-IPN. Baja California Sur. 181 p.
- Szteren, D. y D. Aurióles. 2011. Regionalización ecológica de las colonias reproductivas de *Zalophus californianus*, como herramienta para su conservación en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 37(3):349-368.
- Tombari, A., A. Gosztanyi, D. Echeverría y A. Volpedo. 2010. Morfología de los otolitos y las vértebras de especies de aterínidos marinos (Atheriniformes, Atherinopsidae) que coexisten en el Océano Atlántico sudoccidental. *Ciencias Marinas* 36(3):213-223.
- Torres, A., M. Esquivel y G. Ceballos. 1995. Diversidad y conservación de los mamíferos marinos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 1:22-43.
- Trites, A. 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. 31-39 p. En: Stone, G., J. Goebel, y S. Webster. (Eds.), *Pinniped populations, eastern north Pacific: status, trends and issues*. A symposium of the 127th Annual Meeting of the American Fisheries Society. New England Aquarium and Monterey Bay Aquarium, Monterey, California.
- Trites, A. y C. Donnelly. 2003. The decline of Steller sea lions *Eumetopias jubatus* in Alaska: a review of the nutritional stress hypothesis. *Mammal Review* 33:3-28.

- Tucker, S., W. Bowen y S. Iverson. 2008. Convergence of diet estimates derived from fatty acids and stable isotopes within individual grey seals. *Marine Ecology Progress Series* 354:267-276.
- Valdez-Holguín, J., G. Gaxiola y R. Cervantes. 1995. Productividad primaria en el Golfo de California calculada a partir de la relación entre la irradiancia superficial y clorofila en la zona eufótica. *Ciencias Marinas* 21(3):311-329.
- Vargas-Canales, A. 2000. Conflicto entre hermanos en el lobo marino común *Zalophus californianus*, en la lobera Los Cantiles, Isla Ángel de la Guarda, Golfo de California, México. Tesis para título de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM. 70 p.
- Vega, M. 2011. Uso de la morfometría de las mandíbulas de cefalópodos en estudios de contenido estomacal. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39(3):600-606.
- Velázquez-Abunader, J. 2011. Variación de la distribución y biomasa del calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'orbigny, 1835) en la región central del Golfo de California. Tesis de Doctor en Ciencias Marinas. CICIMAR-IPN. Baja California Sur. 88 p.
- Vidal-Talamantes, R. 1995. Desarrollo de la pesquería de anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) en Baja California, durante el periodo 1972-1992. *Ciencias Marinas* 21(3):243-263.
- Villa-Ramírez, B., J. Gallo-Reynoso y B. Le Boeuf. 1986. La foca monje *Monachus tropicalis* (MAMMALIA: PINNIPEDIA) definitivamente extinguida en México. *Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie Zoología* (2):573-588.
- Weise, M., J. Harvey y D. Costa. 2010. The role of body size in individual-based foraging strategies of a top marine predator. *Ecology* 91(4):1004-1015.

- Wilder, T., S. Felger y H. Romero. 2008. Succulent plant diversity of the Sonoran islands, Gulf of California, Mexico. *Haseltonia* 14:127-160.
- Wolf, J., D. Tautz y F. Trillmich. 2007. Galápagos and Californian sea lions are separate species: Genetic analysis of the genus *Zalophus* and its implications for conservation management. *Frontiers in Zoology* 4:20:1-13.
- Wolf, J., G. Kauermann y F. Trillmich. 2005. Males in the shade: habitat use and sexual segregation in the Galapagos sea lion (*Zalophus californianus wollebaeki*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59:293-302.
- Zavala, A. 1999. El lobo marino de California (*Zalophus californianus*) y su relación con la pesca en la Región de las Grandes Islas, Golfo de California, México. Tesis Doctoral. CICESE. Ensenada, Baja California, México. 169 p.
- Zavala, A. y E. Mellink. 2000. Historical exploitation of the California sea lion, *Zalophus californianus*, in México. *Marine Fisheries Review* 62:35-40.

XI. APÉNDICES

Apéndice 1. Isla San Pedro Nolasco (Foto: Isai Acuña).



Apéndice 2. IIMPi y Ambiente de las especies presas de las hembras en el invierno del 2012.

Especie	IIMPi (%)	Ambiente
<i>Trachurus symmetricus</i>	29.73	Pelágico
<i>Engraulis mordax</i>	24.21	Pelágico
<i>Triphoturus mexicanus</i>	23.59	Mesopelágico
<i>Pterygioteuthis hoylei</i>	6.25	Pelágico
<i>Mugil cephalus</i>	4.68	Bentopelágico
<i>Synodus lucioceps</i>	4.16	Arrecifal
<i>Strongylura exilis</i>	3.12	Pelágico
<i>Sardinops sagax</i>	2.03	Pelágico
<i>Brosmophycis marginata</i>	0.78	Demersal
<i>Argentina sialis</i>	0.78	Demersal
<i>Octopus sp.</i>	0.62	Bentónico

Apéndice 3. IIMPi y Ambiente de las especies presas de las hembras en la primavera del 2012.

Especie	IIMPi (%)	Ambiente
<i>Triphoturus mexicanus</i>	32.30	Mesopelágico
<i>Trachurus symmetricus</i>	20.59	Pelágico
<i>Engraulis mordax</i>	16.12	Pelágico
<i>Synodus lucioceps</i>	8.6021	Arrecifal
<i>Sebastes</i> sp.	6.559	Demersal
<i>Paralabrax</i> sp.	6.45	Arrecifal
<i>Abraliopsis affinis</i>	4.83	Pelágico
<i>Scomber japonicus</i>	3.22	Pelágico
<i>Lolliguncula</i> sp.	0.645	Pelágico
<i>Octopus</i> sp.	0.645	Bentónico

Apéndice 4. IIMPi y Ambiente de las especies presas de los machos subadultos en el invierno del 2012.

Especie	IIMPi (%)	Ambiente
<i>Porichthys notatus</i>	34.78	Demersal
<i>Dosidicus gigas</i>	13.11	Pelágico
<i>Trachurus symmetricus</i>	6.46	Pelágico
<i>Porichthys myriaster</i>	4.00	Demersal
<i>Hemanthias signifer</i>	4.00	Demersal
<i>Merluccius productus</i>	4.00	Demersal
<i>Zaniolepis frenata</i>	3.00	Demersal
<i>Citharichthys sordidus</i>	2.66	Demersal
<i>Argentina sialis</i>	2.40	Demersal
<i>Pontinus sierra</i>	2.33	Demersal
<i>Citharichthys stigmaeus</i>	2.33	Demersal
<i>Bellator gymnostethus</i>	2.33	Demersal
<i>Cololabis saira</i>	2.00	Pelágico
<i>Pomadasys branickii</i>	2.00	Demersal
<i>Brosmophycis marginata</i>	2.00	Demersal
<i>Haemulon</i> sp.	2.00	Arrecifal
<i>Haemulon maculicauda</i>	2.00	Arrecifal
<i>Sebastes</i> sp.	1.60	Demersal
<i>Orthopristis reddingi</i>	1.33	Demersal
<i>Paralabrax clathratus</i>	1.33	Bentopelágico
<i>Hypsopsetta guttulata</i>	1.16	Demersal
<i>Heterostichus rostratus</i>	1.00	Demersal
<i>Icelinus tenuis</i>	0.66	Demersal
<i>Diplectrum labarum</i>	0.66	Demersal
<i>Serranus aequidens</i>	0.80	Demersal

Apéndice 5. IIMPi y Ambiente de las especies presas de los machos subadultos en la primavera del 2012.

Especie	IIMPi (%)	Ambiente
<i>Argentina sialis</i>	47.29	Demersal
<i>Merluccius productus</i>	25.00	Demersal
<i>Haemulopsis elongatus</i>	7.91	Demersal
<i>Trachurus symmetricus</i>	7.24	Pelágico
<i>Haemulon maculicauda</i>	5.55	Arrecifal
<i>Zalieutes elater</i>	2.08	Demersal
<i>Hemanthias signifer</i>	2.08	Demersal
<i>Porichthys notatus</i>	1.78	Demersal
<i>Caulolatilus affinis</i>	1.04	Demersal