

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera

**Variación espacio-temporal de los hábitos alimentarios de
la foca de puerto (*Phoca vitulina richardii*) en México**

TESIS

**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:

ROSA PAULETTE DURAZO RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS

MAESTRIA EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS DE LA FOCA
DE PUERTO (*Phoca vitulina richardii*) EN MÉXICO

TESIS

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:
PAULETTE DURAZO RODRÍGUEZ

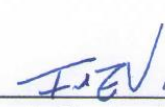
Aprobada por:

Comité de Tesis


Dra. Yolanda Schramm Urrutia
(Directora)


Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
(Sinodal)


Dra. Cira Gabriela Montaña Moctezuma
(Sinodal)


Dr. Fernando Elorriaga Verplancken
(Sinodal)


Dr. Eugenio de Jesús Carpizo Ituarte
(Sinodal)



*Dedico esta tesis a toda mi familia, en especial a mis padres
Lety y Bosco, y a mi guía que E.P.D,
mi científico loco, tío Memo.*

RESUMEN

Las costas de la Península de Baja California en México representan el límite sur de la distribución de la foca de puerto del Pacífico (*Phoca vitulina richardii*). En ellas se albergan cuatro de las colonias reproductivas más abundantes localizadas en los cuerpos insulares Todos Santos (ITS), San Jerónimo (ISJ), Natividad (INA) y San Roque (ISR). En comparación con las demás colonias que habitan latitudes más frías, se podría considerar que en México la foca de puerto habita bajo condiciones oceanográficas subóptimas; razón por la cual surge el interés de generar mayor información sobre la ecología alimentaria de la foca. Con el fin de caracterizar los hábitos alimentarios de la foca en México se colectaron 330 excretas durante tres temporadas (crías (TC), muda (TM) y descanso (TD)), y por medio de la recuperación de estructuras duras (otolitos *sagitta* y picos de cefalópodos) y la obtención de índices de importancia se identificaron las principales presas consumidas. Mediante el uso del índice de importancia (IIMP>15%), el pez lagarto lucio (*Synodus lucioceps*) y los rocotes (*Sebastes* spp.) fueron las especies más abundantes de ITS durante la TM y TC. El lenguado *Citharichthys sordidus* en NAT, se mostró con un índice de 45% y 30% durante TM y TC, respectivamente. Las principales especies que caracterizaron el espectro trófico de ISJ varió entre temporadas; durante TM el calamar de California (*Doryteuthis opalescens*) y el lagarto lucio (IIMP: 26 y 18%) representaron las presas más importantes. En contraste con lo anterior, durante la TC se incluyó a los rocotes y los pulpos (*Octopus* spp.) (21% y 18%)

como los miembros más importantes. El sitio más sureño (ISR) mostró una importante preferencia hacia *Octopus* spp. (TM=28%; TC=26%; TD=19%) y *C. sordidus* (TM=33%; TC=35%; TD=12%), y el sapo cabezón (*Porichthys notatus*) como la presa con mayor importancia durante TD (24%). La variación estacional por cada sitio de muestreo no mostró cambios en la composición de la dieta; sin embargo sí se observaron cambios en la preferencia de cada una de las especies. Asimismo, la variación espacial presentó una evidente diferencia durante la TM y TD entre las dos islas del norte (ITS e ISJ) en contraste con los sitios del sur (NAT e ISR). La amplitud trófica caracterizada para la foca en todo el rango de estudio fue de 0.13, por lo cual se catalogó como un depredador especialista. Los resultados evidencian la partición de nicho a lo largo del área de estudio, una cualidad ecológica relevante a la cual se le debería de dar seguimiento en posteriores estudios.

Palabras clave: *Phoca vitulina*, hábitos alimentarios, estructuras duras, índice de importancia (IIMP), amplitud de nicho trófico, depredador especialista.

ABSTRACT

The Baja California coast represents the southern limit of the Pacific harbor seal (*Phoca vitulina richardii*) distribution. Here, four of the most abundant breeding colonies are located on Todos Santos, San Jerónimo, Natividad, and San Roque islands. Compared to northern colonies, we may consider that the harbor seal lives under suboptimal oceanographic conditions in Mexico; therefore it is important to have a more comprehensive knowledge of its feeding habits. In order to characterize its diet we identified hard structures (otoliths and cephalopod beaks) of prey recovered from scats collected at four breeding sites: Todos Santos (ITS), San Jerónimo (ISJ), Natividad (NAT) and San Roque (ISR) islands; during the breeding (BS), molting (MS) and resting seasons (RS) in 2014. Based on the importance index (IIMP>15%) the lizard fish (*Synodus lucioceps*) and the rockfish (*Sebastes* spp.) were the most abundant species for ITS during MS and BS. The sole *Citharichthys sordidus* showed an index of 45% and 30% for IN, during MS and BS, respectively. The main prey composition at ISJ varied between seasons, during MS the market squid (*Doroteuthys opalescens*) and the lizard fish (26% and 18%) were the most important in contrast to the BS, which included the rock fishes and *Octopus* spp. (21% and 18%) as the most important items. The southernmost site (ISR) showed an important preference for the *Octopus* spp. (MS=28%; BS=26%; RS=19%) and *C. sordidus* (MS=33%; BS=35%; RS=12%) and the Plainfin midshipman (*Porichthys notatus*) as the main prey during RS (24%). There were no

differences in the diet composition between seasons at each site; however, the prey preference varied among them. We found spatial variation between the northern islands (ITS and ISJ) and the southern two (NAT and ISR) during the molting and resting season. The estimated trophic amplitude for all sites and seasons was 0.13, which catalogs this seal as a specialist predator. Our contribution is relevant because there is evidence for niche partitioning among sites, a relevant ecological quality that must be monitored over time.

Key words: *Phoca vitulina*, feeding habits, hard structures, importance index (IIMP), trophic niche amplitude, specialist predator.

AGRADECIMIENTOS

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la ayuda económica que me permitió llevar a cabo mis estudios de maestría.
- A la UABC, a la Facultad de Ciencias Marinas y el Instituto de Investigaciones Oceanológicas, por haberme abierto sus aulas como un espacio de aprendizaje y crecimiento profesional, y presentado a grandes docentes de la ciencia que contribuyeron en mi formación durante estos dos años.
- A la Dra. Yolanda Schramm por todo su apoyo, por haber puesto los ojos en mi para llevar a cabo una parte del gran proyecto de *Phoca vitulina* en México, por compartirme esa gran pasión por los mamíferos marinos, en especial “mi foca”; invitarme a otros proyectos para apoyar en labores de campo y confiarme la jefatura de expedición (y así sentirme como si estuviera en un documental de National Geographic); por preocuparse por mi salud y por ser como una segunda madre en estos dos años y medio de la maestría.
- A mi comité de tesis por sus comentarios, correcciones y observaciones en cada reunión. Gracias Gaby por donar tu tiempo para ayudarme en la

parte estadística de mi trabajo. Fer, Gisela y Eugenio, muchísimas gracias por haber aceptado ser parte de mi comité!

- Al Dr. Mark Lowry y el SWSFC por su disponibilidad y atención durante la corroboración en la identificación de mis muestras.
- A Ricardo por su asesoramiento en la identificación de los otolitos y el procesamiento de los datos, y por las aventuras que vivimos durante el trabajo de campo!
- A todos los voluntarios e integrantes del proyecto FOCA (Eva, Denisse, Maricela, Alex, Claudia, Lupita y Ricardo) que estuvieron apoyando en la colecta de mis muestras mientras yo estaba en clases. ¡Gracias Chicos!
- A Norma Robles y Casandra por su apoyo incondicional en el laboratorio. ¡Dos meses de intensa hediondera! Norma Robles gracias por tu interés en mi trabajo, tu apoyo incondicional y tus buenas vibras a la hora de empezar el trabajo 😊.
- A mis papás y hermanos por su apoyo. Fueron una parte fundamental en esta etapa.

- Tío Martín, Tere y Caro, gracias por su apoyo!
- A Anely, más que amiga se convirtió en mi hermana durante la licenciatura y maestría. ¡Yeah! ¡Cerramos otro ciclo juntas! Y que vengan más aventuras hermanita.
- A Melissa y Daniel, por ser parte de mi familia Ensenadense en mi último año de maestría. Fue agradable llegar a casa sabiendo que podía desconectarme de mi estrés sólo por compartir una plática o una comida con ustedes.
- A mis amigos del posgrado, en especial Carlitos, Rebe y Emiliano, fue un placer conocerlos y tenerlos en mi vida estos dos años de la maestría. Valieron la pena las desveladas con tal de sacar adelante la tesis.
- A Pau y Nora por sus clases de Yoga, mujeres que hubiera hecho sin ustedes? Me dieron la dosis de Zen necesaria.
- A mis compañer@s de danza africana y contemporánea, además de los mamíferos marinos, la danza es mi segunda pasión y la pude compartir con ustedes.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Sitios de estudio ubicados en la costa oeste de la Península de Baja California.	25
2. Isla Sur del conjunto de Islas Todos Santos (obtenido de GoogleEarth ©, 2015).	27
3. Isla San Jerónimo, Baja California (obtenido de GoogleEarth ©, 2015).	28
4. Isla Natividad, Baja California Sur (obtenido de GoogleEarth ©, 2015).	29
5. Isla San Roque, Baja California Sur (obtenido de GoogleEarth ©, 2015).	30
6. Número total de entidades taxonómicas (especies y géneros) encontrados durante las temporadas de crianza, muda, descanso y premuda, para el caso de Isla San Roque.	42
7. Importancia de Octopus spp. con base en el % IIMP en Isla Todos Santos (ITS), Isla San Jerónimo (ISJ), Isla Natividad (NAT) e Isla San Roque (ISR) durante la temporada de crianza, muda, premuda (sólo ISR) y descanso (ITS e ISR).	43
8. Frecuencias acumulativas del número de entidades taxonómicas aparecidas en las muestras colectadas en Isla Todos Santos para la temporada de crianza (a), muda (b) y descanso (c).	45
9. Frecuencias acumulativas del número de entidades taxonómicas aparecidas en las muestras colectadas en Isla San Jerónimo para la temporada de crianza (a) y muda (b).	47
10. Frecuencias acumulativas del número de entidades taxonómicas aparecidas en las muestras colectadas en Isla	49

	Natividad para la temporada de crianza (a) y muda (b).	
11.	Frecuencias acumulativas del número de entidades taxonómicas aparecidas en las muestras colectadas en Isla San Roque para la temporada de crianza (a), premuda (b), muda (c) y descanso (d).	50
12.	Espectro trófico de la foca de puerto (90% de las especies presa, basado en el índice de importancia, IIMP) en la Isla Todos Santos.	52
13.	Espectro trófico de la foca de puerto (90% de las especies presa, basado en el índice de importancia, IIMP) en la Isla San Jerónimo.	55
14.	Espectro trófico de la foca de puerto (90% de las especies presa, basado en el índice de importancia, IIMP) en la Isla Natividad.	57
15.	Espectro trófico de la foca de puerto (90% de las especies presa, basado en el índice de importancia, IIMP) en la Isla San Roque.	59
16.	Variaciones espaciales encontradas para la temporada de crianza (a) y muda (b), obtenidas a partir del análisis de similitud (ANOSIM). La igualdad estadística se representó mediante la intersección de los círculos que simbolizan a cada isla (rojo: Isla Todos Santos (ITS); azul: Isla San Jerónimo (ISJ); amarillo: Isla Natividad (NAT) y verde: Isla San Roque (ISR).	60

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I. Compilación de las principales presas consumidas por la foca de puerto (<i>P. v. richardii</i>) en distintas regiones a lo largo de la costa occidental del Océano Pacífico.	14
II. Fechas de los muestreos y número de muestras colectadas (n) correspondientes para la temporada de crianza, muda y descanso.	32
III. Total de estructuras duras (ED), total de estructuras duras identificadas (EDI), total de picos de cefalópodo y otolitos, frecuencia de ocurrencia (%FO) de restos de crustáceos (RC) y total de entidades taxonómicas registradas en Isla Todos Santos (ITS), Isla San Jerónimo (ISJ), Isla Natividad (NAT) e Isla San Roque (ISR) durante las temporadas de crianza (C), muda (M), descanso (D) y premuda (PM).	40
IV. Porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) de las presas categorizadas como "incidentales" (%FO<1) calculados para toda la cobertura de estudio.	42
V. Valores de amplitud trófica (índice de Levin) y nivel trófico (Christensen y Pauly, 1992) correspondientes para las islas Todos Santos (ITS), San Jerónimo (ISJ), Natividad (NAT) y San Roque (ISR) durante la temporada de crianza (C), muda (M), premuda (PM) y descanso (D).	63

ÍNDICE

	Página
Dedicatoria.....	I
Resumen.....	II
Abstract.....	IV
Agradecimientos.....	VI
Lista de figuras.....	IX
Lista de tablas.....	XI
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	4
2.1 Distribución y abundancia.....	4
2.2 Ciclo anual.....	7
2.3 Ecología alimentaria.....	11
2.4 Tipo de alimento.....	11
2.5 Hábitos alimentarios de la foca de puerto en México.....	15
2.6 Variación temporal y espacial en los hábitos alimentarios de la foca de puerto.....	17
2.7 Método de Análisis de estructuras duras en excretas y sus deficiencias.....	19
3. Justificación.....	22
4. Objetivos.....	22
4.1 General.....	22
4.2 Particulares.....	23
5. Hipótesis.....	24
6. Área de estudio.....	25
6.1 Isla Todos Santos (sur).....	27
6.2 Isla San Jerónimo.....	28
6.3 Isla Natividad.....	29
6.4 Isla San Roque.....	30
7. Metodología.....	
7.1 Trabajo en campo.....	31
7.2 Trabajo en laboratorio.....	33
7.3 Ecología trófica.....	34

7.4 Variación espacio-temporal.....	37
8. Resultados.....	39
8.1 Caracterización del espectro trófico (dieta).....	51
8.1.1 Isla Todos Santos.....	51
8.1.2 Isla San Jerónimo.....	53
8.1.3 Isla Natividad.....	56
8.1.4 Isla San Roque.....	57
8.2 Variación espacio-temporal.....	60
8.3 Ecología trófica.....	62
9. Discusión.....	64
10. Conclusión.....	86
11. Referencias.....	88
12. Anexos.....	102

1. INTRODUCCIÓN

La foca de puerto o foca común (*Phoca vitulina*) es el mamífero marino con el rango de distribución más amplio a nivel mundial, el cual comprende tanto las costas del océano Pacífico como las del Atlántico dentro del hemisferio norte. Al igual que las morsas, los lobos marinos y otras especies de focas, la foca de puerto pertenece al suborden Pinnipedia y familia Phocidae. En dicho suborden los organismos poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten desarrollarse dentro del ambiente marino, y que a diferencia de los cetáceos tienen la capacidad de interactuar con el ambiente terrestre y permanecer largos periodos en él (Berta *et al.*, 2006).

La foca de puerto es un organismo de talla pequeña que mide aproximadamente entre 1.5 a 1.8m de longitud (Reeves *et al.*, 2001), posee una coloración variable que va de tonos oscuros (negro y café) a claros (blanco y gris) con patrones de anillos o motas que contrastan con su color base (Reeves *et al.*, 2001). La foca de puerto en México corresponde a la subespecie *P.v. richardii*, la cual habita todo el Pacífico norte, desde Japón hasta la costa occidental de la Península Baja California, México. Ésta se encuentra asociada a una gran variedad de sitios para reposar, como lo son planicies rocosas con pozas de marea, cama de macroalgas sujetas a sustrato rocoso que son expuestas durante marea baja, bancos de arena y playas de cantos rodados y/o

arena (Stutz, 1966; Lubinsky, 2010, Arias-del Razo, 2011). Ésta especie no realiza migraciones y es altamente filópata, es decir, mantiene fidelidad al sitio donde nació (Womble y Gende, 2013). En el mismo lugar se alimenta, reproduce, descansa y reposa sobre el sustrato durante la temporada de muda, crías y descanso (Fernández, 2012). El radio de dispersión de las focas varía entre sitios, en Escocia se han reportado viajes tan largos como de 70 km fuera de la zona de agrupamiento (Tollit *et al.*, 1998), así como de tan sólo 10 a 25 km en otras zonas (Brown y Mate, 1980; Tollit *et al.*, 1998). Un distancia de 900 km recorrida por un solo individuo fue reportado por Womble y Gende (2013) en Glacier Bay, Alaska. Estas variaciones en el radio de dispersión son explicadas con base en el comportamiento alimentario de la foca en determinada época del año, por lo que la distancia de alejamiento dependerá de la distancia a la que estén las áreas de alimentación (Harvey y Torok, 1994).

Al igual que otros pinnípedos es un depredador oportunista que ocupa un nivel alto dentro de la red trófica, posee una dieta compuesta por organismos pelágicos y bentónicos que principalmente abundan cerca de la zona de descanso (Payne y Selzer, 1989; Gible, 2011). Como depredador oportunista, la composición de su dieta varía estacional y temporalmente con respecto a las fluctuaciones en la abundancia poblacional de sus principales presas (Gible, 2011, Lance y Jeffries, 2007, Hauksson y Bogason, 1997). También puede deberse a diferencias en la composición ictiológica correspondiente al ecosistema pelágico y bentónico de cada zona de descanso, y al

comportamiento asociado a estrategias utilizadas en la búsqueda de alimento por clases de edad y sexo durante las temporadas asociadas a su ciclo anual (crianza, reproducción, muda) (Womble y Gende, 2013).

Al ser la foca de puerto un organismo que predomina en las costas del hemisferio norte, desde hace algunas décadas se han generado estudios dirigidos a las diferentes colonias distribuidas en el océano Pacífico (Stewart y Yochem, 1994; Lance y Jeffries, 2007; Gible, 2011; Lance *et al.*, 2012; Luxa y Acevedo-Gutiérrez, 2013) y Atlántico, con el fin de generar datos cuantitativos y cualitativos que den información acerca de la composición de la dieta, así como de las variaciones estacionales y espaciales de sus hábitos alimentarios dentro de las zonas de agrupamiento. Para ello, los investigadores se han apoyado en técnicas que permiten la caracterización de la dieta por medio de la identificación de estructuras duras (picos de cefalópodos y otolitos) a través del análisis de heces (Stewart y Yochem, 1994; Lance y Jeffries, 2007; Gible, 2011; Lance *et al.*, 2012; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013; Luxa y Acevedo-Gutiérrez, 2013). En el caso de México (costa occidental de la península de Baja California), los esfuerzos para conocer la ecología trófica de la *P. v. richardii* son escasos, existen sólo dos trabajos que caracterizaron la dieta de la foca de puerto para una o dos zonas en particular, entre las cuales se encuentran Isla Natividad (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013), Islas Todos Santos y el Estero de Punta Banda (Alamán, 2014). Dicho lo anterior, para poder conocer más a fondo la ecología alimentaria de la foca de puerto en

México es necesario cubrir todo el rango de distribución, lo cual permitirá generar información base para futuras investigaciones, conocer su posición en la cadena trófica del ecosistema marino de interés, establecer conexiones entre sus principales presas y especies de importancia comercial, así como determinar su amplitud trófica para clasificarlo como depredador especialista o generalista.

2. ANTECEDENTES

2.1 Distribución y abundancia

La foca de puerto cuenta con un gran rango de distribución a lo largo de las costas del océano Pacífico y Atlántico dentro del hemisferio norte, en donde se distinguen tres subespecies: *P. v. vitulina*, *P. v. mellonae* y *P. v. richardii* (Gray, 1864). La subespecie del Atlántico, *P. v. vitulina*, habita el oeste del Atlántico desde la costa este de Suecia hasta el oeste de Irlanda, así como la costa norte de Alemania y las costas de Nueva Inglaterra, Nueva York, Ártico Canadiense y Groenlandia (Committee on Taxonomy, 2014). La subespecie *P. v. mellonae*, habita en cuerpos de agua dulce (lagos) ubicados en la Península de Ungava, Canadá. En cuanto a la subespecie de interés, *P. v. richardii*, su distribución comprende las costas del Océano Pacífico Norte, desde Japón hasta México,

pasando por la Península de Kamchatka y las Islas Aleutianas (Committee on Taxonomy, 2014).

México, por otro lado, es el límite sur de la distribución de la foca de puerto y alberga varias colonias reproductivas distribuidas a lo largo de la Península de Baja California, desde Islas Coronado hasta Bahía Asunción en Baja California Sur (Lubinsky, 2010). A partir de censos provenientes de censos realizados durante distintas estaciones del año se ha reportado su presencia en nueve islas de la Península de Baja California, como son: Coronados, Todos Santos, San Martín, San Jerónimo, Cedros, Natividad, San Roque y Asunción (Gallo y Auriolles, 1984; Brownell *et al.*, 1974; Carter *et al.*, 1996; Lubinsky, 2010). La presencia de la foca de puerto también se ha registrado dentro de la franja costera desde Ensenada a Punta Eugenia, con colonias importantes debido a su densidad poblacional, en el Estero de Punta Banda en Ensenada, Bahía San Quintín y Crutxio (zona costera localizada frente a Isla Cedros) (Lubinsky, 2010).

De acuerdo a registros de censos simultáneos realizados en distintas zonas de agrupamiento (Brownell *et al.*, 1974; Mate, 1977; Le Boeuf y Bonnell, 1980; Gallo y Auriolles, 1984; Loya *et al.*, 1992; Maravilla y Lowry, 1996), se han dado indicios para considerar que la población de la foca de puerto es poco abundante en relación con las poblaciones del norte en Estados Unidos y Canadá, de las cuales en el caso de California la población estimada para el

año 2010 fue de aproximadamente 30,968 individuos (NOAA, 2014), es decir una abundancia cinco veces mayor que la que se presenta en México (Lubinsky, 2010).

Desde mediados del siglo XX los esfuerzos para estimar la abundancia de *P. v richardii* en México han sido escasos y muy separados entre sí. Los estudios de Brownell *et al.* (1974), Mate (1977), Le Boeuf y Bonnell (1980), Gallo y Aurióles (1984), Loya *et al.* (1992), Maravilla y Lowry (1996) mostraron un estimado de la abundancia relativa asociada solamente a los sitios censados y no a la cobertura total de la foca en México. Sin embargo, dentro de los trabajos más recientes se encuentra el realizado por Lubinsky (2010) quien a partir de censos aéreos a lo largo de la costa occidental de la Península de Baja California y marítimos alrededor de las nueve islas (Coronados, Todos Santos, San Martín, San Jerónimo, Cedros, Natividad, San Roque y Asunción), estimó la abundancia estacional de cada una de las zonas y la abundancia absoluta del país. Lubinsky (2010) estimó un máximo de 6,166 individuos del tamaño de la población durante la temporada reproductiva, siendo las islas San Jerónimo, Natividad y San Roque, las zonas que presentaron mayor abundancia durante el intervalo de tiempo (otoño 2008 a verano 2009).

2.2 Ciclo anual

De acuerdo a la relación que tiene la *P. vitulina* con su permanencia en tierra, su ciclo anual se divide en tres temporadas: crianza o reproducción, muda y descanso. La abundancia de focas asentadas en la costa fluctúa entre cada una de ellas (Lubinsky, 2010).

La foca de puerto se caracteriza por tener un ciclo reproductivo anual en el cual sólo se da origen a una cría (Braje y Rick, 2011). La especie es un organismo polígamo, es decir un individuo macho es capaz de copular con varias hembras durante el apareamiento. Además, es gregario, por lo que durante la época de apareamiento se reúne en grupos fuera del agua para descansar y/o alimentar a las crías (Thompson *et al.*, 1994). Típicamente la temporada reproductiva de la *P. vitulina* muestra poca variación interanual, es decir el nacimiento de cada cohorte se da aproximadamente en las mismas fechas que años anteriores. Sin embargo, existen variaciones latitudinales relacionadas con el fotoperiodo que marcan el inicio de la temporada de crías (Temte *et al.*, 1991). De acuerdo a Temte *et al.* (1991) el orden de nacimiento sigue un patrón de sur a norte, que inicia con los grupos de organismos distribuidos en las costas de México retrasándose en dirección norte, hacia las costas de Oregon y Washington. A su vez, Temte *et al.* (1991) estimaron que para México el inicio de la temporada de crías se da aproximadamente en el mes de marzo. Un registro más reciente obtenido por Fernández (2012) indica que para el Estero de Punta Banda, B.C.,

la temporada de crías da inicio a mediados de febrero y finaliza a mediados de abril. Dicho lo anterior, es importante tener en cuenta el dato local para poder predecir el inicio de esta temporada para las diferentes colonias ubicadas en México.

Por otro lado, durante la temporada reproductiva las hembras se disponen a permanecer en tierra para parir y posteriormente amamantar a sus crías, se limitan a realizar viajes al mar hasta después de seis días de haber parido (Thompson *et al.*, 1994). El tiempo de lactancia estimado para *P. vitulina* es de 24 a 31 días (Bowen, 1991). Durante esta temporada, las hembras disminuyen su esfuerzo de captura de presas y lo reanudan una vez destetadas las crías. Durante este tiempo, la foca de puerto puede realizar viajes hacia zonas de alimentación hasta 50 km fuera de la zona de descanso (Thompson *et al.*, 1994). En este periodo el número de organismos en la costa comienza a aumentar con la suma de crías, madres amamantando, machos en espera de aparearse y añeros que comienzan a mudar (Fernández, 2012). Es importante tener en cuenta que durante la temporada reproductiva existen otros factores que influyen el periodo en el cual las focas se encuentran fuera del agua, como lo es el estado del tiempo, la hora del día y el nivel del mar (Boveng *et al.*, 2003). Existen registros que indican que durante censos realizados con el fin de llevar a cabo la estimación de abundancia, se ha observado que en marea baja existe una mayor concentración de organismos en tierra, así como hembras que descansan con su cría. (Thompson *et al.*, 1994; Boveng *et al.*, 2003).

La muda, por otro lado, es un proceso cíclico específico de algunos mamíferos que sucede a escala anual, que se caracteriza por la caída de pelo y regeneración del folículo piloso aunado al crecimiento de pelo nuevo (Berta *et al.*, 2006). La muda, a su vez, es la etapa en la que se encuentra la mayor abundancia de organismos en tierra en la mayoría de las localidades estudiadas (Fernández, 2012). Ésta da inicio justo al final de la temporada reproductiva y/o crías (Cronin *et al.*, 2007) y su duración consta de un periodo de seis semanas a algunos meses. Para ser más exactos, en algunos lugares como en Escocia el periodo de muda tiene una duración de 17 semanas (Cronin *et al.*, 2007).

En México, el periodo de inicio y fin de la muda de la foca de puerto se tiene reportado para 2 colonias ubicadas en el extremo norte de su distribución, Islas Todos Santos (Tapia-Harris, 2015) y el Estero de Punta Banda (Fernández, 2012); y para la colonia de Isla San Roque, localizada en el límite sur de su distribución (Tapia-Harris, 2015). En Islas Todos Santos el periodo de la muda abarca de marzo a julio (Tapia-Harris, 2015)., mientras que en el Estero de Punta Banda el inicio se da dos meses después, de mayo a julio (Fernández, 2012). En Isla San Roque, la muda se extiende por un periodo mayor al de las colonias del norte, el cual inicia en enero y finaliza en junio (Tapia-Harris, 2015).

En el caso de la *P. v. richardii*, para dar comienzo a la muda existe una sincronización o secuencia por categorías que es determinada por miembros que comparten características similares como sexo y edad; la secuencia

consiste en que primero mudan los añeros, seguido de los sub-adultos, después las hembras adultas y al final los machos adultos (Daniel *et al.*, 2003). Lo anterior, así como la estacionalidad en la que sucede la muda entre colonias aisladas geográficamente, se ven influenciadas por la condición corporal (afectada por la disponibilidad de alimento), fotoperiodo (Mo *et al.*, 2000; Daniel *et al.*, 2003) y secreción de hormonas asociadas a la lactancia y actividad reproductiva (Ling, 1984). Cabe destacar que durante esta temporada los organismos invierten la mayoría de su tiempo en tierra como estrategia para disminuir su metabolismo y el consumo energético que requiere la regeneración folicular (Thompson y Rothery, 1989) así como para elevar su temperatura corporal (Boveng *et al.*, 2003). Es por ello que durante la muda se pueden realizar estudios de abundancia (Cronin *et al.*, 2007; Fernández, 2012), ecología alimentaria y otros aspectos que requieren de observación *in situ*.

Una vez finalizada la temporada de muda, las focas se disponen a estar más tiempo dentro del agua para alimentarse, por lo que el periodo en el que hacen uso del sustrato es únicamente con fines de descanso. En México este comportamiento se observa durante septiembre para la colonia de focas ubicadas en el Estero de Punta Banda, B.C (Fernández, 2012). Durante este tiempo la abundancia de focas en tierra disminuye en comparación con las otras temporadas. De modo aproximado el número de focas en tierra es igual al 15% de los organismos presentes en la etapa reproductiva y de muda (Stewart y Yochem, 1994).

2.3 Ecología alimentaria

Las focas de puerto, al igual que otros pinnípedos, son depredadores oportunistas que ocupan un nivel muy alto dentro de la red trófica marina. Poseen una dieta caracterizada generalmente por organismos pelágicos y bentónicos que abundan temporalmente cerca de las zonas de descanso (Payne y Selzer, 1989; Oxman, 1995; Trumble, 1995; Gible, 2011). Su comportamiento no migratorio, aunado a su filopatría, la convierte en una especie clave para el estudio y entendimiento de la respuesta de la población ante cambios o fluctuaciones asociadas con fenómenos o procesos naturales (Harvey y Torok, 1994; Bowen, 1997) y/o cambios en la estructura de la comunidad ecosistémica (Gible, 2011). También es importante para conocer su relación con especies presas de importancia comercial, por lo cual en algunos lugares como Suecia (Lunneryd, 2001) y Washington (Hauser *et al.*, 2008) han hecho énfasis en el estudio de la ecología trófica, debido a que se han reportado problemas relacionados con la competencia que existe entre estos depredadores e importantes pesquerías.

2.4 Tipo de alimento

La foca de puerto se caracteriza por tener una amplia gama de especies en su dieta; sin embargo, sólo un pequeño porcentaje de éstas son consumidas en

mayor abundancia (Harvey y Torok, 1994). Harvey y Torok (1994) reportaron un total de 14 especies consideradas como alimento de la foca de puerto, de las cuales sólo cinco fueron consideradas como especies “predilectas” o de mayor importancia por constituir más del 93% de la dieta. Entre las familias de estas presas se encuentran: Gobiidae, Engraulidae (anchoveta), Cottidae (*Leptocottus armatus*), Batrachoidae (*Porichthys notatus*), Sciaenidae (*Genyonemus lineatus*). Otras familias reportadas dentro de los principales constituyentes en la dieta de la foca para las colonias que habitan la costa oeste de Estados Unidos son: Ammodytidae (piones), Clupeidae (sardinas y arenque), Cottidae, Salmonidae, Pleuronichthyidae (lenguados), Scorpaenidae (rocotes), Gadidae (bacalao), entre otros (Luxa y Acevedo-Gutiérrez, 2013) (Tabla I).

Las presas consumidas por la foca de puerto en su mayoría son de hábitos bentónicos (Oxman, 1995). Sin embargo, se ha reportado el consumo de organismos pelágicos, de mayor valor nutricional (mayor porcentaje de grasa), como las presas más importantes dentro del espectro trófico caracterizado para una temporada y sitio en específico. Entre estas especies se encuentran el arenque (*Clupea spp.*) (Harvey, 1987; Lance, 2012), la anchoveta (Harvey y Torok, 1994; Gobble, 2011), el calamar (Alamán, 2014) y el salmón (Lance, 2012; Luxa y Gutiérrez-Acevedo, 2013). Cabe resaltar que el aprovechamiento de estos organismos se ha relacionado con su disponibilidad en el ecosistema, dados por incrementos estacionales en su biomasa y los cuales están sujetos a la dinámica oceanográfica regional (Oxman, 1995; Tollit *et al.*, 1997; Eguchi y

Harvey, 2005). Estos autores discutieron el comportamiento oportunista de la foca en relación al consumo de especies como la merluza del Pacífico (*Merluccius productus*), la anchoveta (*Engraulis mordax*) y el calamar de California (*Doryteuthis opalescens*), cuando las abundancias de éstas incrementan con relación a eventos de alta productividad primaria.

Eguchi y Harvey (2005), describieron a la foca de puerto como un depredador bentónico, con base en los resultados obtenidos sobre los patrones y profundidad de buceo a partir del marcaje con sensores de temperatura y presión. Además, la alta contribución a la dieta de grupos de peces como lenguados (Paralichthyidae y Pleuronectidae), bacalaos (Gadidae), rocotes (Sebastidae) piones (Ammodytidae) y cótidos (Cottidae) a la dieta, de acuerdo a autores de todo el mundo (Brown y Mate, 1980; Payne y Selzer, 1989; Oxman, 1995; Trumble, 1995; Hauksson y Bogasson, 1997; Tollit *et al.*, 1997; Lunneryd, 2001), sustentan lo anterior. Algunos de éstos cobran gran importancia en la dieta de la foca debido a que su consumo se mantiene durante todo el año debido a que son especies residentes.

Tabla I. Compilación de las principales presas consumidas por la foca de puerto (*P. v. richardii*) en distintas regiones a lo largo de la costa occidental del Océano Pacífico.

Fuente y sitio	Nombre común	Nombre científico
Lance y Jeffries (2007). Islas San Juan, Washington, E.U.A.	Arenque del Pacífico	<i>Clupea pallasii</i>
	Colín de Alaska	<i>Theragra chalcogramma</i>
	Salmones adultos	<i>Salmonoides sp.</i>
	Lanza de arena del Pacífico	<i>Ammodytes hexapteras</i>
	Anchoveta del Norte	<i>Engraulis mordax</i>
	Pez perro espinoso	<i>Squalus acanthias</i>
	Charrascos espinosos	Cottidae
	Lenguado de ojo derecho	<i>Peuronectid sp.</i>
	Pulpo rojo del Pacífico	<i>Octopus rubescens</i>
	Calamar comercial	<i>Loligo opalescens</i>
Oxman (1995). Elkhorn Slough, Monterey Bay, California, E.U.A.	"Armhook squid"	<i>Berryteuthis magister</i>
	Pulpo	<i>Octopus sp.</i>
	Congriperla moteada	<i>Chilara taylori</i>
	Lenguado arenero	<i>Citharichthys sordidus</i>
	Calamar de California	<i>Doriteuthys opalescens</i>
	Corvineta blanca	<i>Genyonemus lineatus</i>
	Sapo Cabezón	<i>Porichthys notatus</i>
	Rocote	<i>Sebastes sp.</i>
Gibble (2011). Bahía de San Francisco, Ca. E.U.A.	Platija escurridiza	<i>Microstomus pacificus</i>
	Gobio asiático	<i>Acanthogobius flavimanus</i>
	Sapo cabezón	<i>Porichthys notatus</i>
	Anchoa del Norte	<i>Engraulis mordax</i>
	Charrasco de aletas	<i>Leptocottus armatus</i>
	Corvineta blanca	<i>Genyonemus lineatus</i>
	Pejerrey	<i>Atherinopsis californiensis</i>
	Lenguado bocón	<i>Parophrys vetulus</i>
	Róbalo rayado	<i>Morone saxatilis</i>
	Gobio de bahía (Bay Goby)	<i>Lepidogobius lepidus</i>
Alamán (2014). Isla Todos Santos, B.C. México.	Mazatlan sole	<i>Achirus mazatlanus</i>
	Rocotes	<i>Sebastes spp.</i>
	Largarto lucio	<i>Synodus lucioceps</i>
	Calamar de California	<i>Doryteuthis opalescens</i>
	Pulpo anillado	<i>Octopus bimaculatus</i>
	Lenguado pecoso	<i>Citharichthys stigmaeus</i>
	Carbonera negra	<i>Physiculus rastrilleger</i>

Alamán (2014). Estero de Punta Banda, B.C, México	Pulpo anillado	<i>Octopus bimaculatus</i>
	Lagarto lucio	<i>Synodus lucioceps</i>
	Lenguado pecoso	<i>Citharichthys stigmaeus</i>
	Calamar de California	<i>Doryteuthis opalescens</i>
	Palometa pampanito	<i>Peprilus simillimus</i>
Elorriaga-Verplancken <i>et al.</i> (2013). Isla Natividad, B.C.S, México.	Pulpo rojo del Pacífico	<i>Octopus rubescens</i>
	Agujón de California	<i>Strongylura exilis</i>
	Lenguado alón	<i>Citharichthys xanthostigma</i>
	Sardina	<i>Sardinops sagax</i>
	Sierra del Pacífico	<i>Scomberomus sierra</i>
	Pez lagarto	<i>Synodus lucioceps</i>

2.5 Hábitos alimentarios de la foca de puerto en México

En México no se tienen registrados disturbios ocasionados por la foca de puerto en relación con la actividad pesquera, sin embargo, el estudio de su ecología trófica es de suma importancia para conocer el rol de ésta como depredador dentro del ecosistema marino, además de que son pocos los trabajos publicados en relación a este tópico. Elorriaga-Verplancken *et al.* (2013) y Alamán (2014) presentan los registros más recientes sobre los hábitos alimentarios de la *P. v. richardii* en México. En el caso de Elorriaga-Verplancken *et al.* (2013) a través del análisis de isótopos estables y estructuras duras presentes en muestras de excretas colectadas en Isla Natividad, B.C.S., determinaron el nivel trófico de la colonia e identificaron *a grosso modo* las presas dominantes en su alimentación; siendo los pulpos (*Octopus rubescens*)

y peces bentónicos el alimento más representativo de su dieta (Tabla I). Elorriaga-Verplancken *et al.* (2013), a su vez, al comparar las principales presas de la foca de puerto en Isla Natividad con presas registradas dentro de las costas de California y Washington en Estados Unidos, observaron diferencias en la composición de especies entre las distintas latitudes. Asimismo, a partir de la señal isotópica registrada mediante el análisis de pelo de crías, les fue posible clasificar a la colonia de *P. vitulina* de Isla Natividad como un depredador especialista, lo cual fue contradictorio al estimar este valor de manera indirecta, es decir mediante el uso del índice de Levin, el cual se basa en el nivel trófico e índice de importancia de las especies identificadas durante el análisis de excretas. A pesar de que estos autores no recolectaron suficientes muestras y no realizaron varios muestreos durante el año para observar las fluctuaciones estacionales, los autores muestran las presas posiblemente más representativas de la dieta de la foca de puerto en Isla Natividad.

Por otro lado, Alamán (2014), logró caracterizar la dieta de la foca de puerto para la Isla Todos Santos (ITS) y el Estero de Punta Banda en Ensenada, B.C. La foca de puerto en ITS se caracterizó por ser un depredador ictiófago bentónico, con un consumo preferente hacia dos especies de cefalópodos (*D. opalescens* y *O. bimaculatus*). Éstas ocuparon los primeros lugares de importancia en la dieta con índices de importancia mayores al 10% para el mes de junio. Así mismo Alamán (2014) reportó como las especies de peces más recurrentes en ITS a los rocotes (*Sebastes* spp.), la congriperla moteada

(*Chilara taylori*) y el lagarto lucio (*Synodus lucioceps*) como las especies de peces más recurrentes en ITS. Este autor no logró observar diferencias temporales debido a la cercanía entre sus dos muestreos (mayo y junio de 2013). No obstante, sí encontró una variabilidad espacial en cuanto al espectro trófico de las focas del Estero de Punta Banda con respecto a las de ITS.

2.6 Variabilidad temporal y espacial en los hábitos alimentarios de la foca de puerto

Las variaciones temporales y espaciales en relación a los cambios en los hábitos alimentarios de la foca de puerto, han sido estudiadas para las costas este (Payne y Selzer, 1989) y oeste de Estados Unidos (Stewart y Yochem, 1994; Oxman, 1995; Trumble, 1995; Lance y Jeffries, 2007; Gible, 2011; Lance *et al.*, 2012; Luxa y Acevedo-Gutiérrez, 2013), así como para la región de Escocia y Dinamarca (Andersen *et al.*, 2007; Tollit *et al.*, 1998). Estos autores reportaron diferencias en la composición de la dieta de la *P. vitulina* a lo largo del año y entre localidades, asociadas a la dinámica oceanográfica de cada región, la cual rige la distribución de la comunidad de especies de cada zona; y al comportamiento de cada presa (Payne y Selzer, 1989; Eguchi y Harvey, 2005). Un ejemplo de caso de estudio que sustenta lo anterior, es el que se realizó para la Bahía de San Francisco, en el cual se comparó la composición de la dieta de la foca de puerto entre la temporada de crías y la de no crías,

observándose diferencias significativas entre ambas, al igual que entre los distintos años y sitios dentro de la Bahía San Francisco (Gibble, 2011). Los resultados de este estudio así como los reportados por Luxa y Acevedo-Gutiérrez (2013) y Andersen *et al.* (2007) sugieren que existe una correlación entre la abundancia estacional de las especies presa que se localizan cerca de la zona de la colonia, con las principales presas que componen la dieta de cada sitio. Lo anterior se explica con base en que, durante los periodos en los que generalmente se realizan los muestreos (temporadas de reproducción, muda o descanso), se traslapan con los máximos o descensos en la abundancia de ciertas presas, las cuales disminuyen su abundancia en ciertas zonas debido a que realizan migraciones estacionales, o de lo contrario aumentan debido a su temporada de desove (Tollit *et al.* 1997; Gibble, 2011; Lance *et al.*, 2012).

La importancia de estudiar las fluctuaciones temporales radica en que éstas pueden dar información acerca de las variaciones ambientales a pequeña y gran escala (Bowen *et al.*, 2002). Un ejemplo de lo anterior es lo sucedido en la Bahía de San Francisco, donde se observó un deterioro debido al incremento en la abundancia de especies invasoras no nativas como el gobio frío (*Lepidogobius lepidus*). Esta especie incrementó su abundancia en la Bahía de San Francisco debido a su introducción por medio del agua de lastre. El gobio frío, dentro del ecosistema marino de San Francisco, juega un papel importante en la alimentación de la foca de puerto, ya que representa una de sus principales presas desde años recientes (Gibble, 2011). Aquí la foca de puerto

funge como estabilizador del ambiente marino de la Bahía de San Francisco. Dicho lo anterior se realza la importancia del estudio de los hábitos alimentarios de los mamíferos marinos, ya que mediante éstos es posible identificar las relaciones tróficas entre depredador-presa, debido a que son un factor clave para la implementación de planes de manejo y conservación de mamíferos marinos (Peyne y Selzer, 1989). También se puede inferir el estatus nutricional, el cual es un factor que puede limitar la capacidad reproductiva de la colonia y por ende el crecimiento de la población (Dehn *et al.*, 2007).

2.7 Método de Análisis de estructuras duras en excretas y sus deficiencias

Para el estudio de los hábitos alimentarios de pinnípedos se han utilizado diferentes técnicas que permiten conocer la composición de la dieta a través del análisis estomacal de organismos muertos, regurgitación, lavativas estomacales, análisis cuantitativo de ácidos grasos, isótopos estables, técnicas moleculares y análisis de heces de la especie de interés (Fea y Harcourt, 1997; Dunshea, 2009; Bowen, 2012). De las técnicas mencionadas, el análisis de heces resulta una herramienta muy útil y es utilizada constantemente para el estudio de la ecología alimentaria de mamíferos marinos. Esto se debe a que es una técnica no invasiva, la recolecta de muestras es sencilla y su análisis no implica una inversión económica fuerte (Bowen, 2012).

Como en toda metodología existen limitaciones que llegan a generar sesgos en la interpretación de los datos, como lo es reducir la identificación de organismos a sólo aquellos que contienen estructuras duras (otolitos, picos) y pérdida de información por estructuras que se degradan mediante digestión (da Silva y Neilson, 1985). Lo anterior puede ocasionar una sobreestimación de las especies con otolitos más grandes y robustos (por ejemplo, lenguados y rocotes), o subestimar la importancia de peces con estructuras más delgadas y frágiles como los otolitos característicos de los clupeidos. Así mismo, los cefalópodos pueden ser subestimados debido a la regurgitación de las mandíbulas o picos previa a la evacuación, debido a su acumulación dentro del tracto digestivo (Pitcher, 1980; Harvey, 1987; Bowen, 2012; Phillips y Harvey, 2009).

Existen factores de corrección que minimizan los sesgos derivados del desgaste y de las tasas de recuperación que permiten generar estimaciones más certeras con respecto a la biomasa ingerida, riqueza de especies y la abundancia de las que se consumen (Phillips y Harvey, 2009). Sin embargo, éstos son específicos de las especies depredador, especies presas y de las estrategias que utiliza cada mamífero marino para capturar su alimento (Phillips y Harvey, 2009; Bowen, 2012). Por lo anterior, el uso de factores de corrección

resulta un método difícil de desarrollar debido a que sólo es posible de obtener ese tipo de información mediante experimentación con organismos en cautiverio. Por lo tanto, muchas investigaciones relacionadas con ecología trófica se limitan sólo a la interpretación de los datos obtenidos del conteo e identificación de cada una de las especies presentes en las heces. A pesar de los sesgos que puede generar esta técnica y de lo costoso y poco accesible que es obtener factores de corrección, el análisis de estructuras duras a partir de heces colectadas en vida libre, por sí sola, resulta la herramienta más utilizada para los estudios sobre ecología alimentaria en mamíferos marinos. En este estudio se aplicará esta metodología, y a partir de ella se utilizarán índices que permitirán conocer el nivel trófico de la foca de puerto en México, así como la importancia atribuida de cada presa para la dieta esta subespecie.

3. JUSTIFICACIÓN

El documentar los hábitos alimentarios, permitirá generar información de línea base para futuras investigaciones, además que resultará fundamental para entender la dinámica de estas poblaciones. Asimismo, nos permitirá identificar las relaciones tróficas entre depredador-presa, lo cual es un factor clave para poder implementar planes de manejo y conservación.

Es importante el estudio de los hábitos alimentarios de la foca de puerto en México ya que servirá como una herramienta que ayude a identificar las posibles interacciones entre esta especie con pesquerías comerciales.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Caracterizar los hábitos alimentarios de *P.v. richardii* en México durante su ciclo anual del año 2014.

4.2. Objetivos particulares

- Generar conocimiento sobre la composición y estructura de la dieta de la foca de puerto en cuatro de las principales colonias reproductivas en México, a partir del análisis de contenido fecal.
- Evaluar la variación espacio-temporal en la composición de la dieta de la foca de puerto durante tres temporadas: crianza, muda y descanso.
- Conocer el nivel trófico de cada colonia a partir de la identificación taxonómica de las presas consumidas.
- Conocer el grado de especialidad alimentaria de la foca de puerto en cada colonia durante las tres temporadas.

5. HIPÓTESIS

- La dieta de la foca puerto que habita en las costas de Baja California se compone principalmente de especies de invertebrados y peces bentónicos.
- El espectro trófico de la foca de puerto varía temporalmente y espacialmente debido a cambios en la composición de la estructura de la comunidad que habita en las zonas de alimentación de la foca.
- Existe una alta variabilidad en el espectro trófico de la foca de puerto entre las dos localidades más distantes, Isla Todos Santos e Isla San Roque.
- La foca de puerto es un depredador tope con tendencia a ser un depredador especialista durante las temporadas asociadas a su ciclo de anual.

6. ÁREA DE ESTUDIO

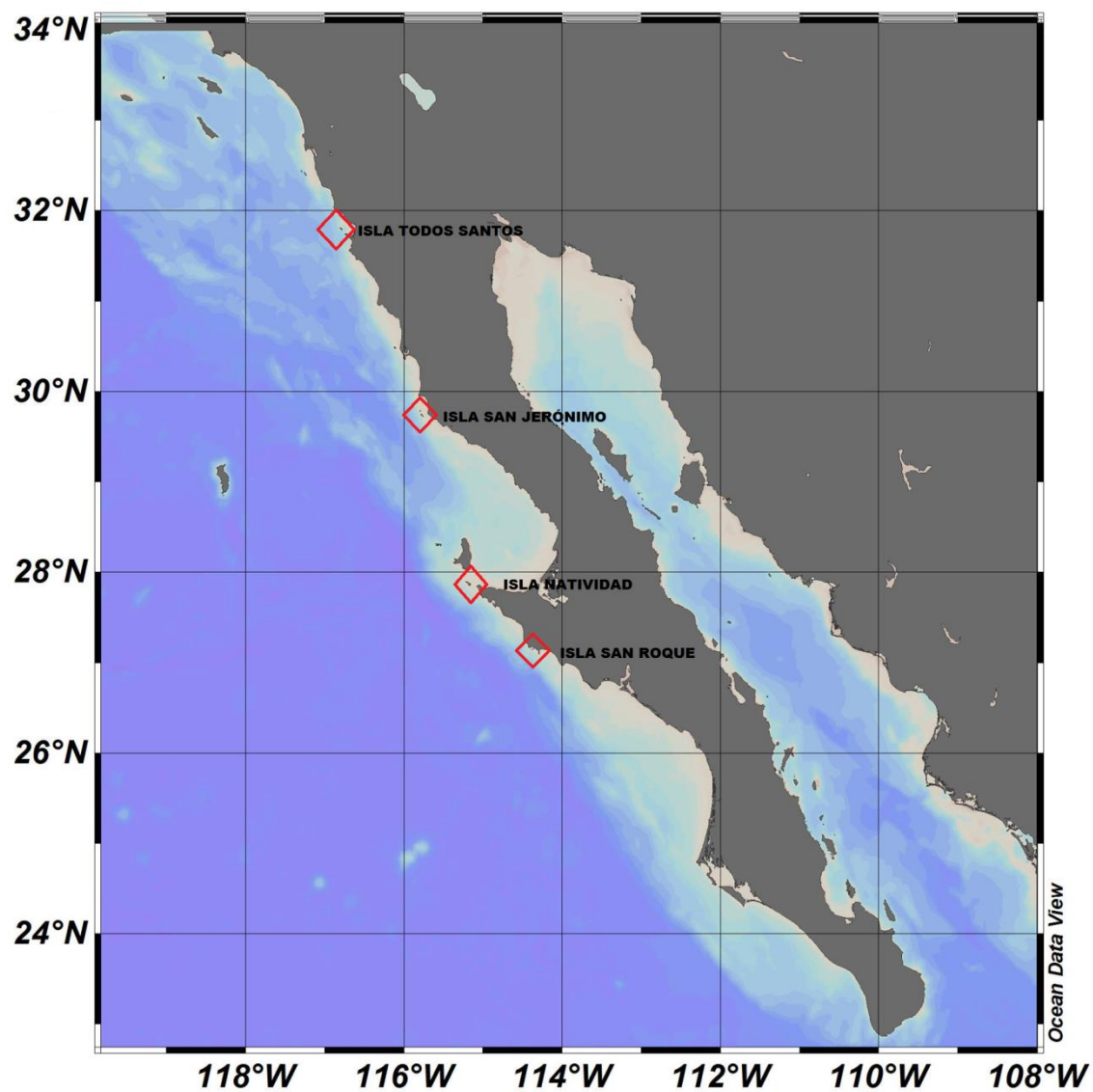


Figura 1. Sitios de estudio ubicados en la costa oeste de la Península de Baja California.

La Península de Baja California es una región de clima árido-templado con 3,642 km de litoral (INEGI, 2010), la cual se encuentra rodeada por dos mares con características oceanográficas muy particulares y a su vez contrastantes, que hacen de Baja California una región altamente

dinámica y biológicamente muy diversa (Lara-Lara, 2008). Baja California cuenta con 900 ecosistemas insulares en el Golfo de California y 16 de el Océano Pacífico (Lara-Lara, 2008). En el caso de la costa occidental de la península, la importancia de sus islas radica en que son zonas de reproducción, anidación, descanso y alimentación de aves migratorias, y hábitat de especies endémicas de reptiles, mamíferos y cactáceas. Además, esta región alberga a las únicas cuatro especies de pinnípedos presentes en México, entre ellas *P. v. richardii* (Lara-Lara, 2008; Samaniego *et al.*, 2007; Lubinsky, 2010).

La dinámica oceanográfica que rige sus ecosistemas insulares está influenciada por el Sistema de la Corriente de California, el cual mediante el transporte de sus aguas frías de origen subártico y ricas en nutrientes (su flujo es paralelo a la costa en dirección sur), propicia la generación de zonas altamente productivas (Gaxiola-Castro y Durazo, 2010). Aunado a lo anterior, se encuentran los procesos locales advectivos que crean zonas de surgencia que promueven la proliferación de florecimientos fitoplanctónicos que benefician a la composición y abundancia de la comunidad bentónica y pelágica del litoral Pacífico Mexicano (Lara-Lara, 2008; Gaxiola-Castro y Durazo, 2010). Además,

debido a la alta productividad sustentan a un gran porcentaje de las pesquerías más importantes del país (Gaxiola-Castro y Durazo, 2010).

Con base en lo descrito por Samaniego *et al.* (2007), se presentará una breve descripción acerca de las cuatro islas utilizadas para el estudio de los hábitos alimentarios de *P. v. richardii*.

6.1. Isla Todos Santos (sur)



Las Islas Todos Santos (ITS) son un par de islas (norte y sur) de origen continental ubicadas frente al municipio de Ensenada, de las cuales sólo la isla sur se utilizó como localidad de muestreo. La isla sur ($31^{\circ}48'7.91''$ N y $116^{\circ}47'30.45''$ O) está conformada por una costa compuesta principalmente de cantiles, seguida de playas de cantos rodados, plataformas rocosas y algunas

Figura 2. Isla Sur del conjunto de las Islas Todos Santos (obtenido de GoogleEarth ©, 2015).

playas arenosas; su línea de costa mide 8.7 km y se encuentra a 17.3 km alejada de la ciudad de Ensenada. El lado oeste de la isla se encuentra fuertemente expuesto al oleaje alto e intenso, mientras que el lado este está totalmente protegido; dentro de esta zona existen maricultivos comerciales de peces. Entre las especies de mamíferos marinos que habitan la isla se encuentra el elefante marino del Norte, lobo marino de California y la foca de puerto (Samaniego *et al.*, 2007; Aguilar-Rosas *et al.*, 2010).

6.2. San Jerónimo



Figura 3. Isla San Jerónimo, Baja California (obtenido de GoogleEarth ©, 2015).

San Jerónimo (ISJ) es una isla de origen continental, se encuentra ubicada frente a la Bahía de El Rosario en el municipio de Ensenada, a 4.2 km de distancia de la costa entre los 29°47'32.96" N y 115°47'-29.78" O. Se caracteriza por poseer un área superficial de 376,000 m² y 4.2 km de litoral costero compuesto en su mayoría de sustrato rocoso, a

excepción de una playa protegida de grava gruesa y pendiente inclinada ubicada del lado este de la isla. La principal actividad económica es la pesca de abulón y caracol, por lo que los habitantes que residen en la isla son pescadores temporales de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera (S.C.P.P.) “Ensenada” (Rodríguez-Valencia *et al.*, 2002). Es una zona ecológicamente importante por ser un sitio de anidación de aves migratorias, a demás de que alberga dos especies de pinnípedos, la foca de puerto y el lobo marino de california (*Zalophus californianus*) (Rodríguez-Valencia *et al.*, 2002).

6.3. Isla Natividad



Figura 4. Isla Natividad, Baja California Sur (obtenido de GoogleEarth ©, 2015).

Natividad (NAT) es una isla de origen continental, la cual forma parte de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y pertenece al municipio de Mulegé, B.C.S. Se localiza a $27^{\circ}52'55.23''$ N y $115^{\circ}11'33.72''$ O frente a Punta Eugenia, separada por 9.3 km del continente. Posee 1,943 km de litoral compuesto de playas arenosas, cantos rodados y acantilados. En ella residen 200 habitantes que forman parte de la cooperativa pesquera de Natividad. La isla alberga a especies de reptiles, mamíferos terrestres, aves migratorias y tres especies de pinnípedos, el lobo marino de California (*Zalophus californianus*), el elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) y la foca de puerto (Samaniego *et al.*, 2007).

6.4. San Roque



Figura 5. Isla San Roque, Baja California Sur (obtenido de GoogleEarth ©, 2015).

San Roque (ISR) es una pequeña isla de origen continental, se ubica al norte de Bahía Asunción, en Baja California Sur a 27.8°8'48.31" N y 114°22'40.47" O. Se encuentra a 1.9 km de distancia de la costa de Bahía San Roque, y tiene un perímetro de 4.85 km. Isla San Roque forma parte de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, y funge como una zona ecológicamente muy importante ya que en ella, año con año, aves migratorias cubren la isla con sus nidos para dar origen a una nueva cohorte (Felix, 2012). El único pinnípedo que habita en esta isla es la foca de puerto (Lubinsky, 2010).

7. MÉTODO

7.1. Trabajo en campo

Para llevar a cabo la identificación de presas a partir de la extracción de estructuras duras presentes en muestras de excretas de *P. v. richardii*, se utilizó el método propuesto por Lance *et al.* (2001) reportado para la NOAA.

La colecta de muestras se realizó entre febrero y septiembre del año 2014, durante marea baja dentro de la zona del intermareal y supramareal con el fin de evitar la colecta de heces lavadas por el mar y garantizar el mayor número posible de muestras. Los muestreos se realizaron durante las temporadas de

crianza, muda y descanso correspondientes al sitio de muestreo (IST, ISJ, NAT e ISR) (ver Tabla II). Se intentó coleccionar un mínimo de 50 muestras por temporada de cada isla con el fin de obtener la asíntota de frecuencia acumulativa de especies, y así asegurar obtener el tamaño mínimo de muestra (Lance *et al.*, 2001).

Tabla II. Fechas de los muestreos y número de muestras colectadas (n) correspondientes para la temporada de crianza, muda y descanso.

ZONA DE MUESTREO	TEMPORADA					
	CRIANZA		MUDA		DESCANSO	
	Fecha	<i>n</i>	Fecha	<i>n</i>	Fecha	<i>N</i>
Isla San Roque	7/2/2014	7	2/6/2014	52	2/9/2014	9
	14/2/2014	13	7/4/2014*	20	3/9/2014	12
			8/4/2014*	9		
			9/4/2014*	14		
	Total ISR	20		95		21
Isla Natividad	26/3/2014	6	2/6/2014	52		
	27/3/2014	8				
Total NAT		14		52		
Isla San Jerónimo	1/4/2014	10	31/5/2014	61		
	2/4/2014	14				
	3/4/2014	16				
	4/4/2014	6				
Total ISJ		46		61		
Isla Todos Santos	20/3/2014	6	31/5/2014	5	10/9/2014	5
	3/4/2014	8	1/6/2014	25	11/9/2014	15
	4/4/2014	13	2/6/2014	11	12/9/2014	12
Total ITS		27		41		32

*muestreo de premuda realizado entre la temporada de crías y muda.

Durante la recolecta se eligieron solamente aquellas muestras con aspecto fresco que no sugirieran tener más de un día de exposición al ambiente. Posteriormente cada una de ellas se colocó dentro de bolsas de plástico con cierre hermético, se etiquetaron y almacenaron en contenedores de plástico con tapa hermética y congeladas para su posterior análisis (Lance *et al.*, 2001).

7.2. Trabajo en laboratorio

Para la obtención de restos de presas identificables como otolitos *sagitta*, picos de cefalópodo, restos de invertebrados y parásitos, se utilizó un juego de tres tamices de sedimentología con luz de malla de 0.5, 1.0 y 2.0 mm. Cada muestra se diluyó en agua para facilitar el tamizado y permitir la separación de las estructuras de acuerdo al tamaño (Lance *et al.*, 2001). El exceso de material orgánico se desechó mediante el enjuague de cada uno de los tamices para posteriormente extraer las estructuras duras y blandas contenidas en cada muestra. Los otolitos se almacenaron en seco dentro de viales de plástico de 2 ml; los picos, restos de invertebrados y parásitos se guardaron por separado en solución de etanol al 50% para evitar su degradación (Lance *et al.*, 2001).

Las presas (peces y cefalópodos) se identificaron al nivel taxonómico más bajo posible, de preferencia a nivel de especie, siempre y cuando la condición del otolito o pico así lo permitiera. Los otolitos se utilizaron para identificar peces

óseos y los picos de cefalópodos para identificar especies de pulpos y calamares.

El proceso de identificación se llevó a cabo mediante el uso de un microscopio estereoscópico. Los otolitos fueron comparados con el catálogo de la NOAA de presas de *Zalophus californianus* (Lowry, 2011) y el catálogo de otolitos de peces marinos de las costas adyacentes a Baja California Sur (Díaz-Murillo, 2006). Por su parte, los picos de cefalópodos se identificaron con ayuda del catálogo “Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito In California Waters” (Pinkas *et al.*, 1971). La identificación fue corroborada por el Dr. Mark Lowry del Southwest Fisheries Science Center, NOAA, La Jolla, California.

7.3. Ecología trófica

Para cuantificar la relevancia de cada especie que caracterizó el espectro trófico de la foca de puerto, se calculó el índice de importancia de presas (IIMP). El IIMP indica la contribución de cada presa en la dieta del depredador al tomar en cuenta la abundancia relativa de cada taxón presente en una excreta en relación con el total de unidades de muestreo (García-Rodríguez, 1999):

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

Donde U es el número total de muestras, x_{ij} el número de estructuras de una especie presa i en una muestra j y X_j es el total de estructuras encontradas en la muestra j . Este índice arroja valores de 0 a 1, los cuales fueron convertidos en porcentaje ($IIMP \times 100$). Cabe destacar que el IIMP resulta útil debido a que facilita la interpretación de los resultados y permite realizar comparaciones consistentes entre estudios relacionados con hábitos alimentarios de pinnípedos (García-Rodríguez y Aurióles-Gamboa, 2004).

Para fines prácticos, en el momento de comparar los resultados obtenidos en este estudio con otros, se calculó el porcentaje de frecuencia de ocurrencia (FO_{ij} ó %FO), el cual indica la proporción de todas las muestras colectadas que contienen una especie i en particular. Este índice se calcula mediante la consideración de presencia o ausencia de cada taxón de la siguiente manera (Lowry *et al.*, 1990; Trites y Joy, 2005; García-Rodríguez y De la Cruz, 2011):

$$FO_{ij} = \frac{F_{ij}}{S_j} \times 100$$

Donde F_{ij} es la frecuencia de ocurrencia de la presa i presente en un muestreo j , S_j es el número total de muestras de heces recolectadas en el muestreo j . F_{ij} se obtiene por medio de O_{ijk} , valor dado para la presencia ($O_{ijk} = 1$) o ausencia

($O_{ijk} = 0$) (Trites y Joy, 2005; García-Rodríguez y De la Cruz, 2011), por medio de la siguiente ecuación:

$$F_{ij} = \sum_{k=1}^{s_j} O_{ijk}$$

Para determinar la posición que ocupa la foca de puerto dentro de la cadena alimentaria, se calculó el índice de nivel trófico (NT), descrito por Christensen y Pauly (1992), en cada una de las zonas muestreadas durante las temporadas de crianza, muda y descanso. De acuerdo a Christensen y Pauly (1992), el nivel trófico se estima de la siguiente manera:

$$NT = 1 + \left(\sum_{j=1}^n DC_{ij} \cdot NT_i \right)$$

Donde DC_{ij} es la proporción de la presa i en el muestreo j , lo que sería equivalente al valor de IIMP; NT_i es el nivel trófico de la presa i , el cual se obtuvo de manera indirecta a través de la base de información de peces en línea *Fishbase* (fishbase.com), y n el número total de presas. El intervalo de valores arrojados por TL van de 1 a 5, donde 1 es el valor de la posición que ocupan los productores primarios; este valor aumenta en uno conforme a los eslabones de la red trófica hasta llegar a caracterizar con valores de 5 a los

depredadores tope como es el caso del oso polar (*Ursus maritimus*) o la orca (*Orcinus orca*).

Para medir cuantitativamente el grado de especialidad de la foca de puerto como depredador, es decir, si es un organismo de hábitos generalistas o especialistas, se calculó la amplitud trófica mediante el índice estandarizado de Levin (Krebs, 1998)

$$Bi = \frac{1}{n-1} \cdot \left(\left(\frac{1}{\sum Pj^2} \right) - 1 \right)$$

Donde Bi es el índice de Levin para el depredador i , Pj la proporción de la presa j en la dieta del depredador i , es decir lo equivalente al valor del IIMP de la presa j y n el número de categorías de presas. Bi asume valores de 0 a 1. Cuando se presentan valores menores a 0.5, el depredador tiende más hacia hábitos especialistas; mientras que valores cercanos a 1 caracterizan al organismo como un depredador generalista.

7.4. Variación espacio-temporal

Para evaluar los cambios espaciales en la estructura de la dieta de la foca de puerto en las diferentes temporadas de muestreo y observar los cambios entre temporadas en cada isla, se aplicó una prueba multivariada no paramétrica, ANOSIM (Análisis de Similitud). En cada comparación se generó una matriz de

similitud basada en el índice de Bray-Curtis de las abundancias transformadas con raíz cuadrada, lo anterior para reducir el peso de especies con abundancias extremas. Es importante mencionar que la prueba ANOSIM genera un estadístico “R”, el cual está basado en la diferencia de los rangos medios de las medidas de disimilitud de Bray-Curtis de las abundancias de los organismos entre sitios (r_B) y dentro de los sitios (r_W):

$$R = \frac{4(r_B - r_W)}{n(n - 1)}$$

donde n corresponde al número total de muestras. Los valores de R oscilan entre -1 y 1. Valores iguales o cercanos a cero apoyan la hipótesis nula, es decir, no existen diferencias significativas entre los sitios muestreados; mientras valores mayores a 0 representan un grado de desigualdad mayor al acercarse más a 1. El análisis se generó por medio del programa PRIMER 6 versión 6.1.13 (Anderson *et al.*, 2009).

8. RESULTADOS

Durante los meses de febrero a septiembre del 2014 se colectaron 414 excretas donde se distinguieron estructuras propias de peces óseos (otolitos *saggitta*), cefalópodos (picos) y crustáceos (restos de exoesqueleto y quelas). El número de heces colectadas por sitio estuvo sujeto a la disponibilidad de éstas, razón por la cual el total de excretas varió entre temporadas e islas. En el caso de NAT e ISJ no fue posible colectar las heces correspondientes a la temporada de descanso debido a que las condiciones climatológicas no permitieron realizarlo, además de que las heces son poco abundantes durante esta temporada.

En ISR se llevaron a cabo dos muestreos durante la muda, uno al inicio (premuda) y un segundo durante el máximo de abundancia de focas mudando. Lo anterior debido a que la temporada de muda fue extensa (enero a junio) y la disponibilidad de excretas se mantuvo durante todo este periodo.

El 85% (n=354 de 414) de las muestras presentaron estructuras duras y se recuperaron un total de 16,636 otolitos y 3,109 picos de cefalópodos. Se identificaron 55 especies (Anexo 1), de las cuales 12 estuvieron presentes en las 4 islas (ver Tabla III). Con respecto a los otolitos recuperados, el 2.4% no fue posible identificar debido al estado de degradación o al desconocimiento de la especie.

Tabla III. Resumen del total de estructuras duras (ED) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de restos de crustáceos (RC) registradas en Isla Todos Santos (ITS), San Jerónimo (ISJ), Natividad (NAT) y San Roque (ISR) durante las temporadas de crianza (C), muda (M), descanso (D) y premuda (PM).

ISLA/ TEMPORADA	ED	ED identificadas	Picos	Otolitos	%FO RC	Entidades Taxonómicas
ITS/C	412	384	10	374	18.5	19
ITS/M	1151	1112	151	961	26.8	23
ITS/D	869	860	154	706	31.2	14
ISJ/C	470	438	81	357	10.8	24
ISJ/M	2045	2045	879	1166	60.6	24
NAT/C	419	396	11	385	14.2	14
NAT/M	3815	3716	116	3600	30.7	24
ISR/C	904	888	83	805	34.4	18
ISR/PM	3746	3699	1412	2287	55.8	23
ISR/M	197	183	63	120	61.5	17
ISR D	2608	2517	149	2368	33.3	15

La mayor proporción de las estructuras duras fue ocupada por otolitos al representar el 80.8% (n=13,129 de 16,238) del total identificado. El 92% (n=51 de 55) de las presas identificadas fueron peces óseos, de los cuales las siguientes familias fueron las más recurrentes (FO $\geq$ 10%): Engraulidae, Synodontidae, Merluccidae, Ophidiidae, Scorpaenidae, Moridae, Sciaenidae, Paralichthyidae, Pleuronectidae, Cottidae, Serranidae, Merlucciidae, Batrachoididae, Hexagrammidae, Scianidae, Pomacentridae y Cynoglossidae. En algunos casos, debido al estado de degradación, se registró una categoría a nivel de género dentro del listado de presas identificadas (*Citharichthys* sp.,

Zaniolepis sp., *Paralabrax sp.*, *Lycodes sp.* y *Porichthys sp.*), las cuales no se tomaron en cuenta para contabilizar el total de especies identificadas por cada temporada (Figura 6), a excepción de *Sebastes spp.*, quien sí se integró dentro del total de especies. Por otro lado, 31 de las especies identificadas se consideraron como capturas incidentales debido a que presentaron un %FO bajo (<1%), es decir su frecuencia de aparición dentro de todo el muestreo fue menor a 5 (ver Tabla IV).

En cuanto a los cefalópodos, se identificaron dos especies de calamar (*Doryteuthis opalescens* y *Onychoteuthis borealijaponica*) y dos especies de pulpo (*Octopus bimaculatus* y *Octopus rubescens*). Estas últimas se registraron a nivel de género debido al estado de degradación que presentaron la mayoría de las estructuras. El género *Octopus* fue el grupo de los cefalópodos con mayor importancia dentro de la dieta de la foca en México (Figura 7). Se presentó en todos los muestreos con IIMP mayores al 20% y en algunos casos fue el organismo más consumido, por lo que se colocó como el grupo con mayor contribución en la dieta de la foca de puerto. La frecuencia de aparición y la abundancia en la que se consumió no fue homogénea en todos los sitios; es decir, la época en la que se mostró con valores máximos de IIMP varió entre islas. Así mismo, cabe destacar que la temporada en la que apareció con mayor %FO no coincidió con el IIMP, debido a que las temporadas en las que se presentó con alta importancia, fue consumida en mayor abundancia, pero en menor frecuencia.

Con respecto a los crustáceos, en todos los muestreos se registró su presencia con %FO que oscilaron entre 10% y 60%. ISJ e ISR fueron los sitios en los cuales los restos de exoesqueletos ocurrieron con mayor frecuencia durante la temporada de muda (>60%) y premuda (55%) (Tabla III).

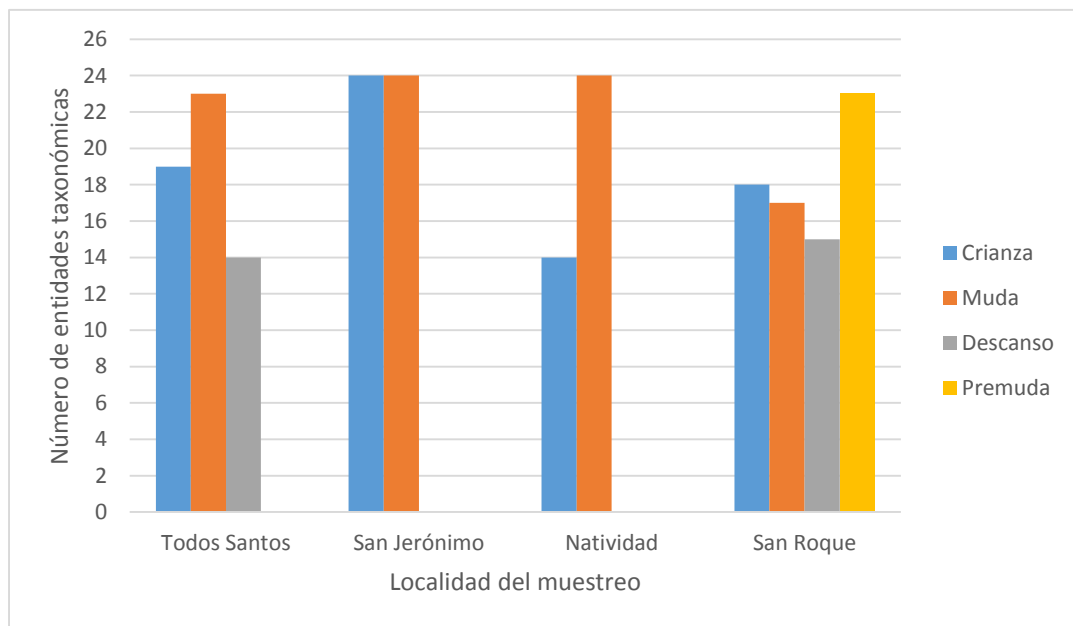


Figura 6. Número total de entidades taxonómicas (especies y géneros) encontrados durante las temporadas de crianza, muda, descanso en cada isla, y premuda, para el caso de Isla San Roque.

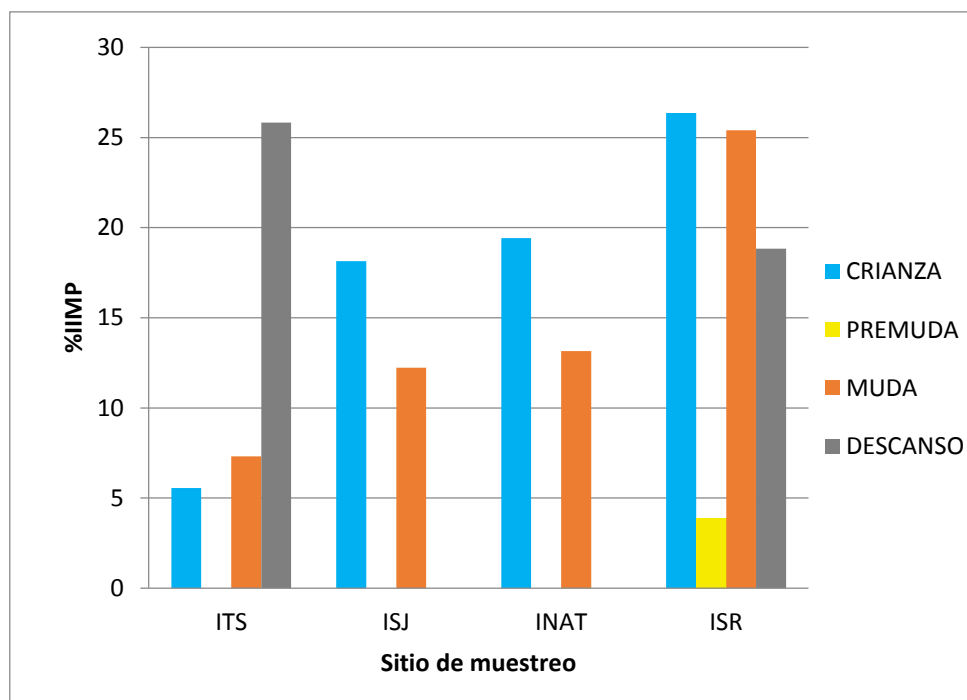


Figura 7. Importancia de *Octopus* spp. con base en el % IIMP en Isla Todos Santos (ITS), Isla San Jerónimo (ISJ), Isla Natividad (NAT) e Isla San Roque (ISR) durante la temporada de crianza, muda, premuda (sólo ISR) y descanso (ITS e ISR).

Tabla IV. Porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) de las presas categorizadas como “incidentales” (%FO<1) calculadas para toda la cobertura del estudio.

Presa	Nombre común	%FO
<i>Atherinops affinis</i>	Pejerrey gruón	0.49
<i>Artedius corallines</i>	Charrasco coralino	0.24
<i>Brosomphycis margNATa</i>	Brótola roja	0.49
<i>Ceratoscopelus townsendii</i>	Linternilla	0.24
<i>Chromis punctipinis</i>	Castañeta Herrera	0.73
<i>Genyonemus lineatus</i>	Corvineta Blanca	0.24
<i>Haemulon steindachneri</i>	Ronco chere-chere	0.24
<i>Hemanthias signifler</i>	Cabrilla doncella	0.24
<i>Hyperprosopon anale</i>	Perca	0.48
<i>Icelinus fimbriatus</i>	Charrasco	0.72
<i>Leptocottus armatus</i>	Charrasco de astas	0.24
<i>Lycodes cortezianus</i>	Bigfin eelpout	0.24
<i>Medialuna californiensis</i>	Chopa medialuna	0.24
<i>Onychateuthis borealijaponica</i>	Calamar	0.24
<i>Pontinus sierra</i>	Lapón manchado	0.24
<i>Orthonopias triacis</i>	Charrasco chato	0.24
<i>Oxyjulis californica</i>	Señorita	0.73
<i>Oxylebius pictus</i>	Malva pinta	0.24
<i>Paralabrax spp.</i>	Cabrilla	0.49
<i>Paralabrax nebulifer</i>	Cabrilla de arena	0.24
<i>Peprillus semillimus</i>	Palometa plateada	0.97
<i>Physiculus rastrelliger</i>	Carbonera negra	0.97
<i>Radulinus asprellus</i>	Charrasco flaco	0.24
<i>Scomberomorus sierra</i>	Sierra del Pacífico	0.24
<i>Sebastolobus alascanus</i>	Rocote alacrán	0.49
<i>Seriphus politus</i>	Corvineta reina	0.49
<i>Sphyræna argentea</i>	Barracuda	0.49
<i>Xeneretmus triacanthus</i>	Bandido manchas azules	0.24
<i>Zaniolepis latipinnis</i>	Cepillo espina larga	0.73

Para asegurar que cada uno de los muestreos fuera representativo para la descripción de la dieta de la foca de puerto, se generaron curvas de frecuencia acumulativa correspondientes a las temporadas de colecta de cada sitio (Figuras 8-11). Para todos los muestreos se alcanzó la asíntota que describió el tamaño mínimo de muestra, el cual varió para cada uno de ellos.

Para la temporada de crianza en ITS, la cantidad necesaria de muestras para caracterizar la dieta de la foca fue de 14 excretas con la presencia de 18 especies acumuladas. El tamaño mínimo de muestra incrementó para las temporadas de muda y descanso al generarse la asíntota a partir de las 29 y 28 muestras, respectivamente (Figuras 8b y 8c). A pesar de que el tamaño de muestra fue similar en las dos temporadas, el número de especies acumuladas difirió en ambos muestreos, siendo la temporada de muda la más diversa con 25 entidades taxonómicas identificadas (Figura 8b). En ISJ el número mínimo de excretas necesarias para coleccionar durante la temporada de crianza y muda fue de 36 y 41 muestras, respectivamente (Figura 9). En ambas temporadas el número de especies acumuladas fue mayor a 25.

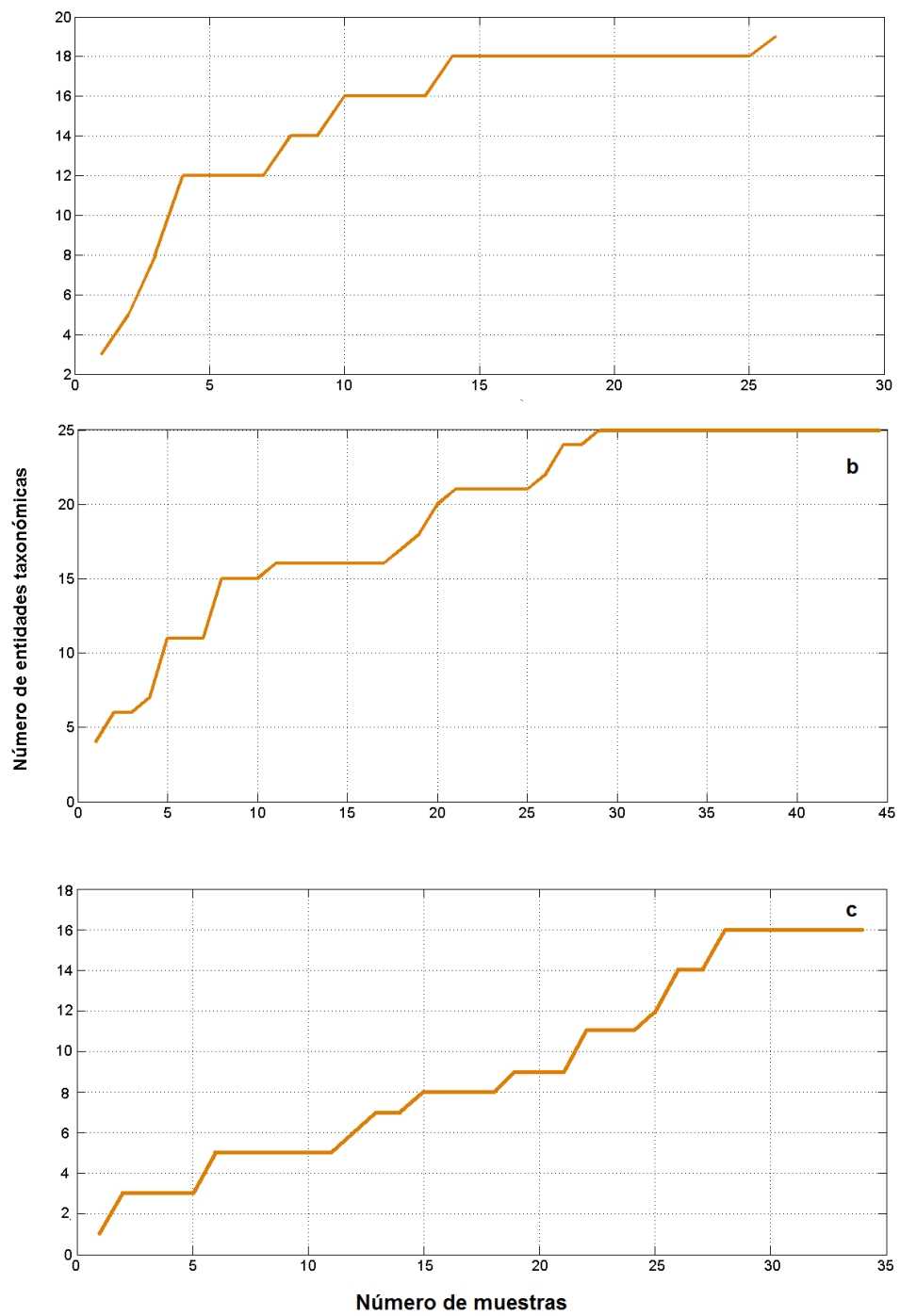


Figura 8. Frecuencias acumulativas del número de entidades taxonómicas aparecidas en las muestras colectadas en Isla Todos Santos para la temporada de crianza (a), muda (b) y descanso (c).

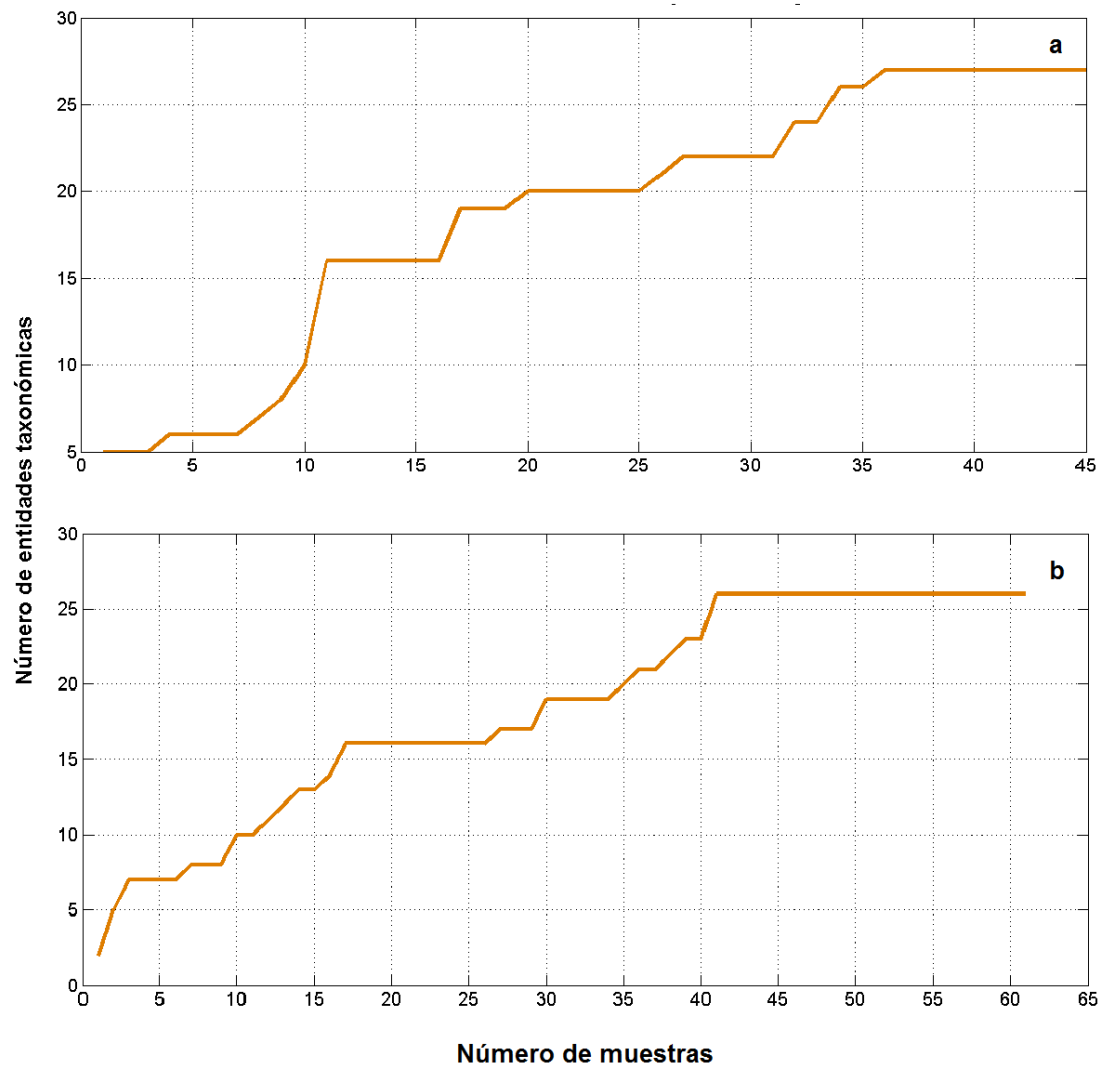


Figura 9. Frecuencias acumulativas del número de entidades taxonómicas aparecidas en las muestras colectadas en Isla San Jerónimo para la temporada de crianza (a) y muda (b).

Para el caso de NAT las curvas acumulativas de especies sugirieron un mayor esfuerzo de colecta para la temporada de muda al generarse la asíntota sobre las 29 muestras con 26 entidades taxonómicas acumuladas (Figura 10b). Este valor disminuyó drásticamente para la temporada de crianza (Figura 10a), donde se requirió de un mínimo de siete excretas para caracterizar el espectro trófico de la foca de puerto. En lo que respecta a ISR (Figura 11), durante la temporada de crianza y descanso se obtuvo un tamaño mínimo de muestra similar de 15 y 16 excretas, respectivamente (Figuras 11a y 11d). En el caso de la temporada de premuda se observó la formación de la asíntota a las 25 muestras con 26 especies diferentes (Figura 11b). Durante la temporada de muda, el tamaño mínimo de muestra disminuyó (10 excretas) con respecto a la temporada de premuda (Figura 11c). Se consideraron 15 muestras, las necesarias para caracterizar el espectro trófico de la foca de puerto durante la temporada de muda (Figura 11c).

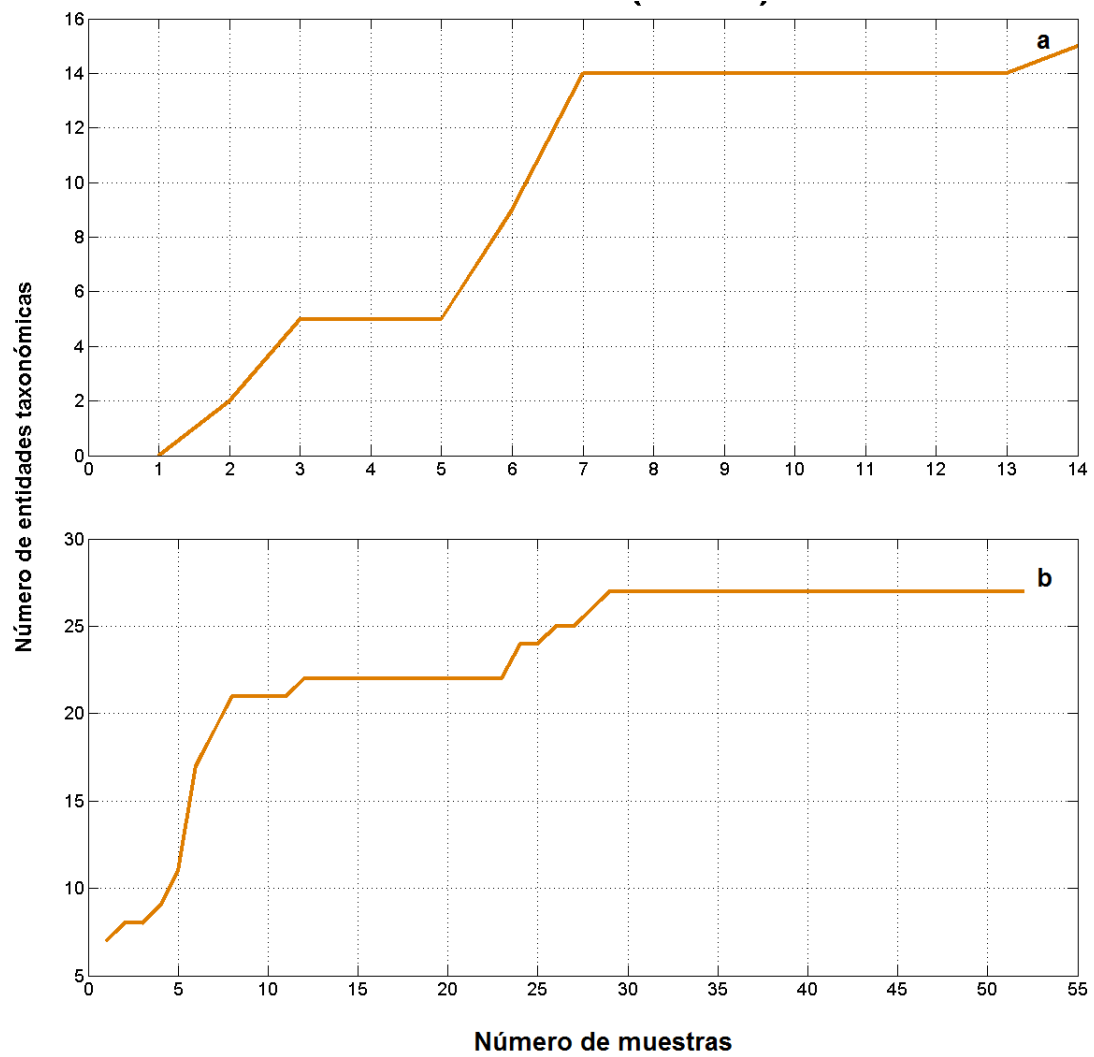


Figura 10. Curva de frecuencias acumulativas del número de entidades taxonómicas aparecidas en las muestras colectadas en Isla Natividad para la temporada de crianza (a) y muda (b).

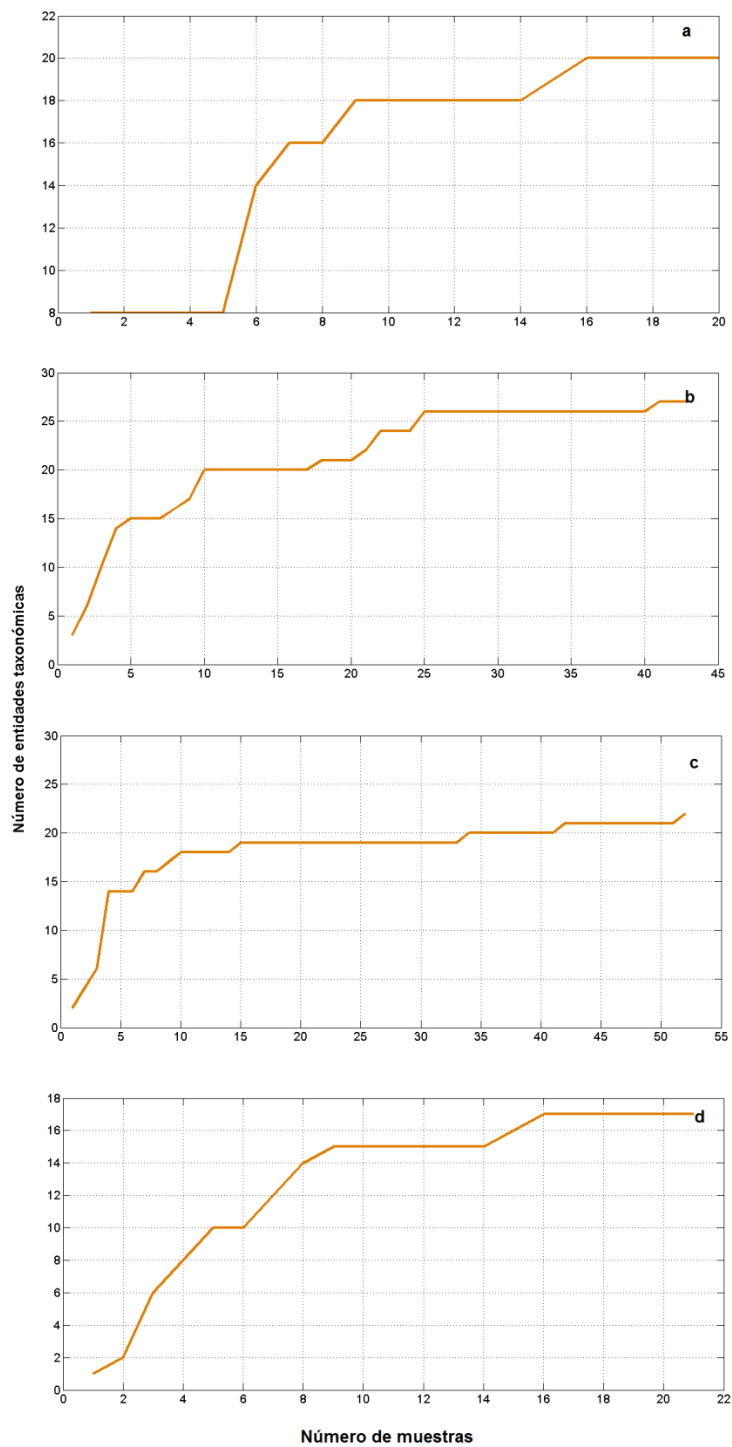


Figura 11. Frecuencias acumulativas del número de entidades taxonómicas aparecidas en las muestras colectadas en Isla San Roque para la temporada de crianza (a), premuda (b), muda (c) y descanso (d).

8.1. CARACTERIZACIÓN DEL ESPECTRO TRÓFICO

8.1.1. Isla Todos Santos

Se colectaron un total de 100 excretas correspondientes a la temporada de crianza (n=27), muda (n=41) y descanso (n=32). El número de salidas al campo varió según la disponibilidad de excretas, por lo que en cada uno de los muestreos fue necesario salir a colectar en más de un día (Tabla II). El espectro trófico de ITS se caracterizó por la presencia de 30 entidades taxonómicas, entre ellas un género y dos especies de cefalópodos (*Octopus* spp., *Onycoteuthis borialijaponica* y *Doryteuthis opalescens*) y 27 especies de peces óseos (Anexo 2). Además, se registró la presencia de restos de crustáceos en el 26% de las muestras analizadas.

En la temporada de crianza, el 90% de la dieta estuvo compuesta por 10 especies (Figura 12) de 19, de las cuales organismos como *Sebastes* spp. y *Synodus lucioceps* constituyeron el 50% de importancia relativa, con 31.6% y 27.15% de IIMP, respectivamente.

La mayor diversidad de presas en ITS se presentó durante la temporada de muda con 23 especies identificadas. Se registró la presencia de dos especies de cefalópodos (*Octopus* spp. y *D. opalescens*); ambos ocurrieron en más del 28% de las excretas y se enlistaron dentro del 90% de las especies con mayor

importancia. Al igual que en la temporada de crianza, las especies predominantes fueron *Sebastes* spp. y *S. lucioiceps*, pero con un porcentaje de importancia menor, equivalente al 24.7% y 16.7%, respectivamente. *C. sordidus* y *D. opalescens*, con un IIMP similar (9.9%), se colocaron en tercer lugar de importancia (Figura 12). El orden de recurrencia de estas especies no fue el mismo que el arrojado por el IIMP. En el caso del *S. lucioiceps*, fue la especie que más apareció en las muestras al ocurrir en casi el 50% de las excretas con estructuras duras (%FO=49.7), en comparación con la especie más importante (*Sebastes* spp. %FO=34).

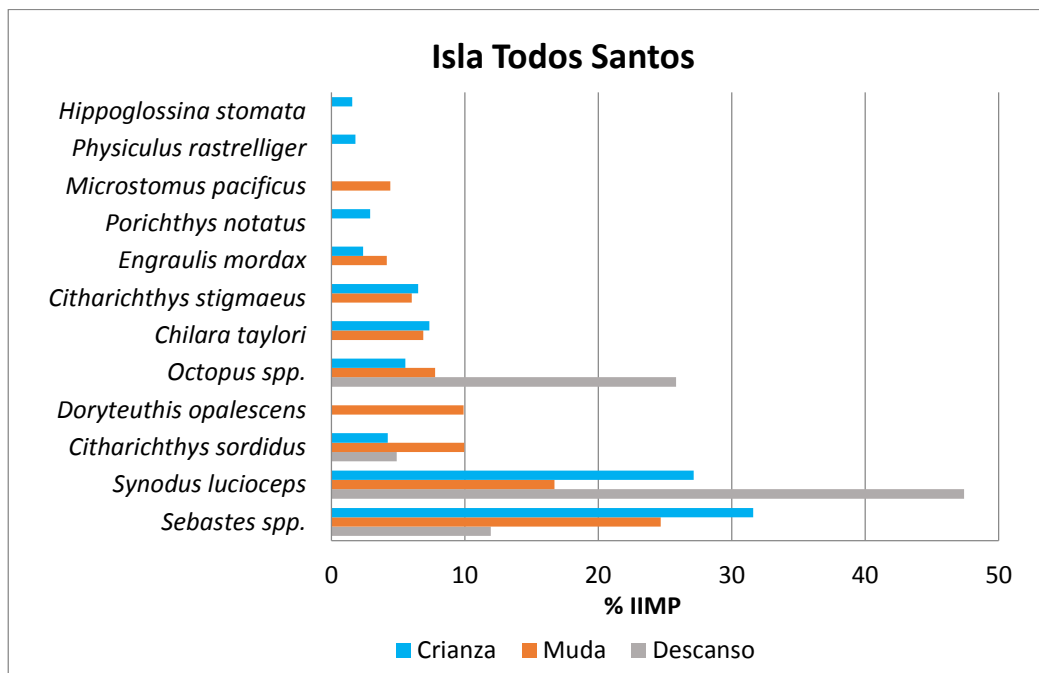


Figura 12. Espectro trófico de la foca de puerto (90% de las especies presa, basado en el índice de importancia, IIMP) en la Isla Todos Santos.

Es importante resaltar la presencia del pez señorita (*Oxyjullius pictus*) como especie “incidental” con una importancia del 2.3%, ya que sólo ocurrió en una muestra con 413 estructuras. Por otro lado, se registró la presencia de tres especies de lenguado (*C. sordidus*, *C. stigmaeus* y *M. pacificus*) que formaron parte del 90% de la dieta de la foca, siendo *C. sordidus* la tercera especie más importante durante la temporada de muda.

Durante la temporada de descanso se observó una mayor selectividad, al ser sólo cuatro las entidades taxonómicas que caracterizaron el 90% de la dieta. *S. lucioiceps* ocurrió en más del 60% (n=21 de 34) de las muestras con un IIMP de 47.4%. Las tres especies restantes en orden de importancia fueron *Octopus* spp. (25.8%), *Sebastes* spp. (11.9%) y *C. sordidus* (4.9%). Aunque no formó parte del 90% de especies que caracterizan el espectro trófico, cabe destacar que el calamar *O. boralisjaponica* únicamente se presentó durante esta temporada y sólo apareció en el 3% de las muestras (n=1 de 34).

8.1.2. Isla Jerónimo

El espectro trófico de la foca de puerto correspondiente a ISJ se caracterizó por la presencia de 26 identidades taxonómicas (Anexo 3), entre ellas dos géneros de cefalópodos (*Octopus* spp. y *D. opalescens*). De las 26 especies

identificadas, 16 aparecieron durante las temporadas de crianza y muda con distintos valores de IIMP.

Durante la temporada de crianza, 14 especies representaron el 90% de las presas consumidas con mayor importancia dentro de la dieta (Figura 13). *Sebastes* spp. y *Octopus* spp. fueron los dos géneros más importantes con 21% y 18% de IIMP, respectivamente; seguidos del lenguado *C. stigmaeus* (8%), la congriperla moteada *C. taylori* (6%) y el lagarto lucio *S. luciocephalus* (6%). En contraste con la temporada de crianza, durante la muda el número de presas que caracterizaron el 90% de la dieta se redujo a nueve especies, siendo *D. opalescens* y *S. luciocephalus* las presas más importantes (Figura 13). *D. opalescens* fue la especie con mayor IIMP durante la temporada de muda (26%) y ocurrió en el 44% de las muestras. En segundo lugar de importancia se encontró *S. luciocephalus* con 18%, sin embargo, su FO fue mucho menor (%FO_{*S. luciocephalus*}=24) a la obtenida por *Octopus* spp., el cual se presentó en el 42% de las muestras. Debido a que en promedio la abundancia de *Octopus* spp. fue de 5 picos por muestra, su importancia se redujo al 15% y ocupó el cuarto lugar, por debajo de *Sebastes* spp. (%IIMP=15.5), que ocurrió en el 24% de muestras. Las especies de lenguados *C. stigmaeus*, *C. sordidus* y *M. pacificus* tuvieron un papel importante dentro de la dieta al ocurrir en el 10-20% de las muestras y caracterizar parte del 90% del espectro trófico con IIMP menores al 5% (Figura 13).

En contraste con la muda, cabe destacar que el calamar *D. opalescens* se presentó sólo en una muestra durante la temporada de crianza, por lo cual su índice de importancia fue menor al 1%. Con respecto a los restos de crustáceos, se encontró una mayor recurrencia equivalente al 60% (n= 37 de 61) en las excretas de muda y una menor (10.8%, n=5 de 46) durante la crianza (Tabla III).

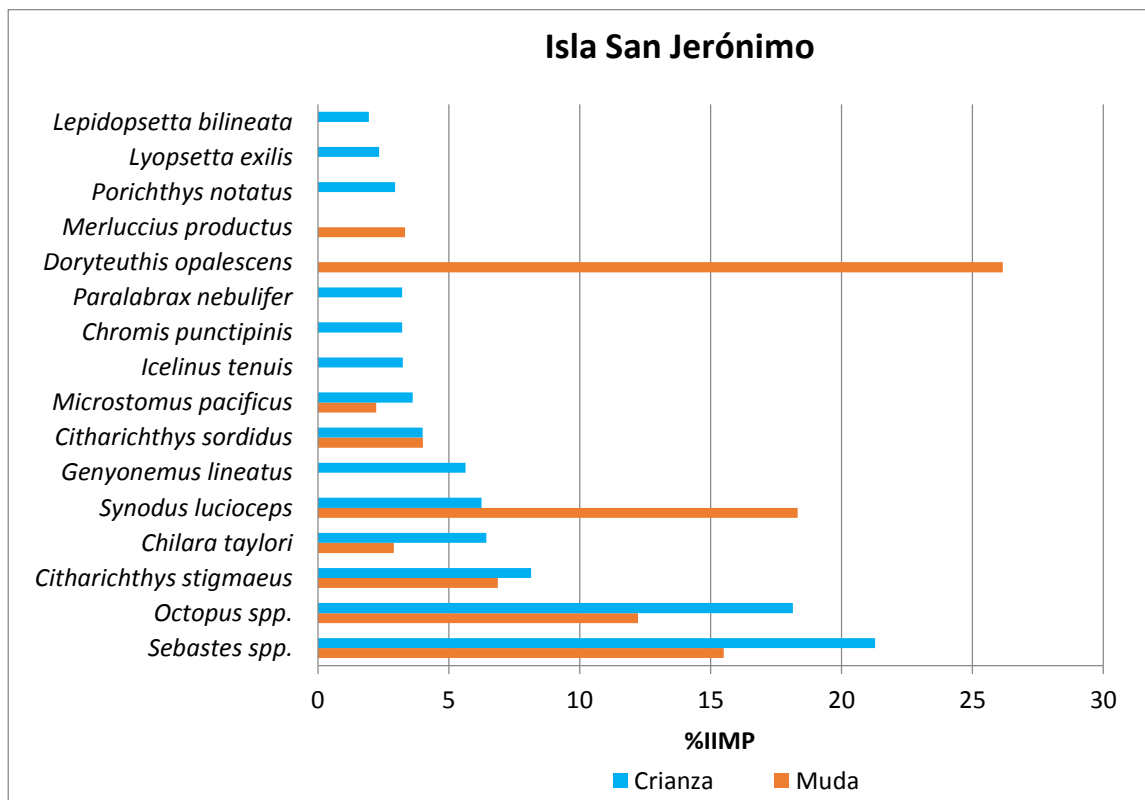


Figura 13. Espectro trófico de la foca de puerto (90% de las especies presa, basado en el índice de importancia, IIMP) en la Isla San Jerónimo.

8.1.3. Isla Natividad

En Isla Natividad se muestrearon un total de 66 excretas durante los periodos de crianza (n=14) y muda (n=52). A pesar de que hubo un mayor esfuerzo de colecta durante la temporada de crianza sólo se logró conseguir 14 excretas. Sin embargo, para la temporada de muda se colectó más del mínimo requerido de excretas durante un solo día en varias zonas de la isla (Tabla II).

Dentro de este sitio, 14 fueron las especies que caracterizaron la dieta de la foca durante la temporada de crianza (Anexo 4), pero sólo seis describieron el 90% del espectro trófico. Los lenguados *C. sordidus* y *C. stigmaeus*, así como los pulpos *Octopus* spp. obtuvieron niveles de importancia mayores al 20% (Figura 14); éstas a su vez ocuparon los primeros tres lugares de relevancia dentro de la dieta de la foca. *C. taylori*, *P. myriaster* y *L. armatus* fueron las tres especies restantes que caracterizaron el grueso de la dieta y ocurrieron en menor frecuencia que las antes mencionadas con IIMP que oscilaron entre el 4% y 5% (Figura 14). Durante la temporada de muda se observó un incremento en la importancia del lenguado *C. sordidus*, al caracterizar el 45.8% de la dieta y ocurrir en el 75% de las muestras. Asimismo, la importancia de *Octopus* spp. y *C. stigmaeus* disminuyó al 13.1% y 6.5%, respectivamente. La segunda especie más importante dentro del espectro trófico durante la muda fue *S. lucioceps* con 19.8% de importancia, que ocurrió sólo en el muestreo del mes de junio en gran abundancia. Cabe destacar que la mitad de las especies que se identificaron

durante la crianza, tuvieron IIMP menores al 1%. De esas especies, algunas como *P. myriaster* y *O. scrippsae* aparecieron en mayor frecuencia durante la muda con más del 20% de FO. Sin embargo, debido a su abundancia, la importancia fue menor al 5%.

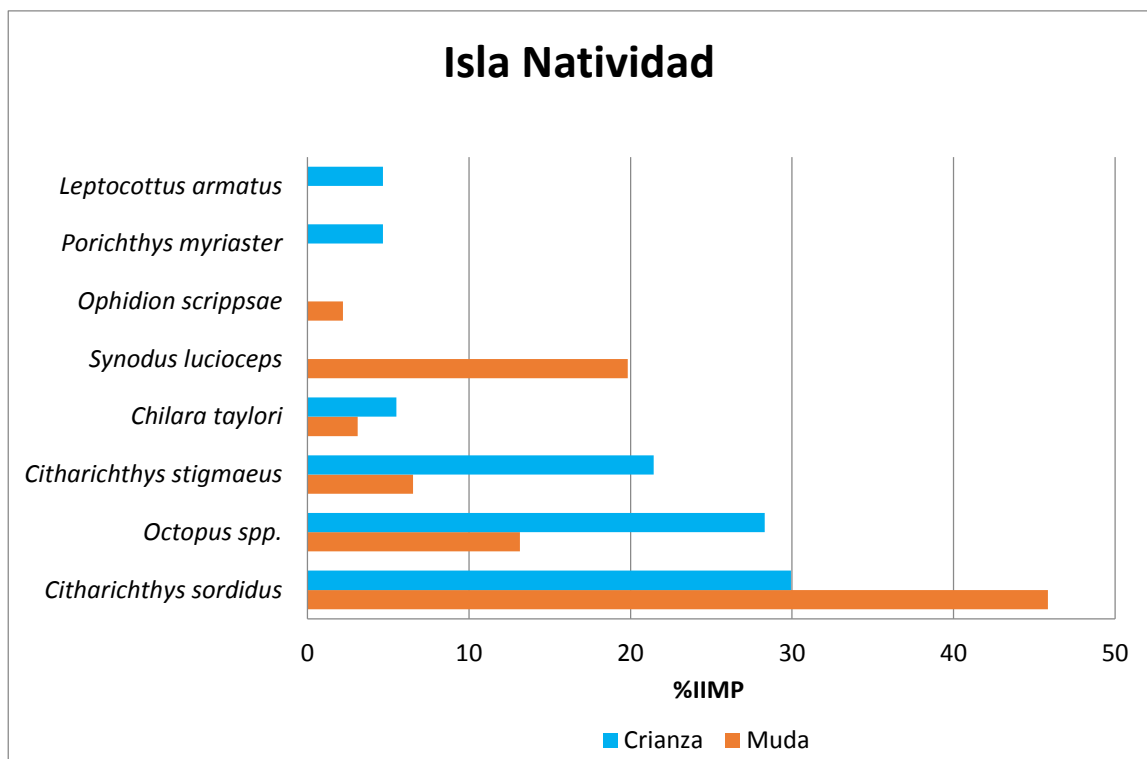


Figura 14. Espectro trófico de la foca de puerto (90% de las especies presa, basado en el índice de importancia, IIMP) en la Isla Natividad.

8.1.4. Isla San Roque

Isla San Roque fue el único sitio donde se generaron cuatro muestreos durante el periodo de estudio, correspondientes a las temporadas de crianza, muda y

descanso, y un último denominado “premuda”. Este último se realizó durante el mes de febrero, después de la temporada de crianza y previo al máximo de abundancia de focas mudando en tierra (Tabla I). En dichos muestreos, 12 fueron las especies que se traslaparon durante las cuatro temporadas (Anexo 5), siendo *C. sordidus*, *Octopus* spp. y *S. luciocephalus* las presas que ocurrieron con mayor frecuencia (Figura 15).

Durante la temporada de crianza, el espectro trófico que caracterizó el 90% de la dieta de la foca en ISR se compuso por cinco especies, entre ellas tres lenguados, un pulpo y el pez demersal “lagarto lucio” (Figura 15). Es importante resaltar que *C. sordidus* (34.8%), *Octopus* spp. (26.3%) y *S. luciocephalus* (22.9%) fueron las especies predilectas consumidas en mayor abundancia al representar más del 75% de la dieta durante la crianza (Figura 15).

En lo que concierne al muestreo de premuda, se observó un descenso en IIMP de más del 30% de la presa *Octopus* spp. con respecto a lo descrito para la crianza; no obstante, se incluyó dentro de las especies que caracterizaron el 90% de la dieta. Dentro de esta misma temporada, las presas *Sebastes* spp. y *C. stigmaeus* se encontraron en mayor abundancia con respecto a los demás muestreos con IIMP iguales al 12%. Con respecto al lenguado *C. stigmaeus*, cabe señalar su recurrencia en el 60% (n=25 de 41) de las muestras, pero debido a la abundancia de estructuras encontradas en cada excreta su importancia se redujo.

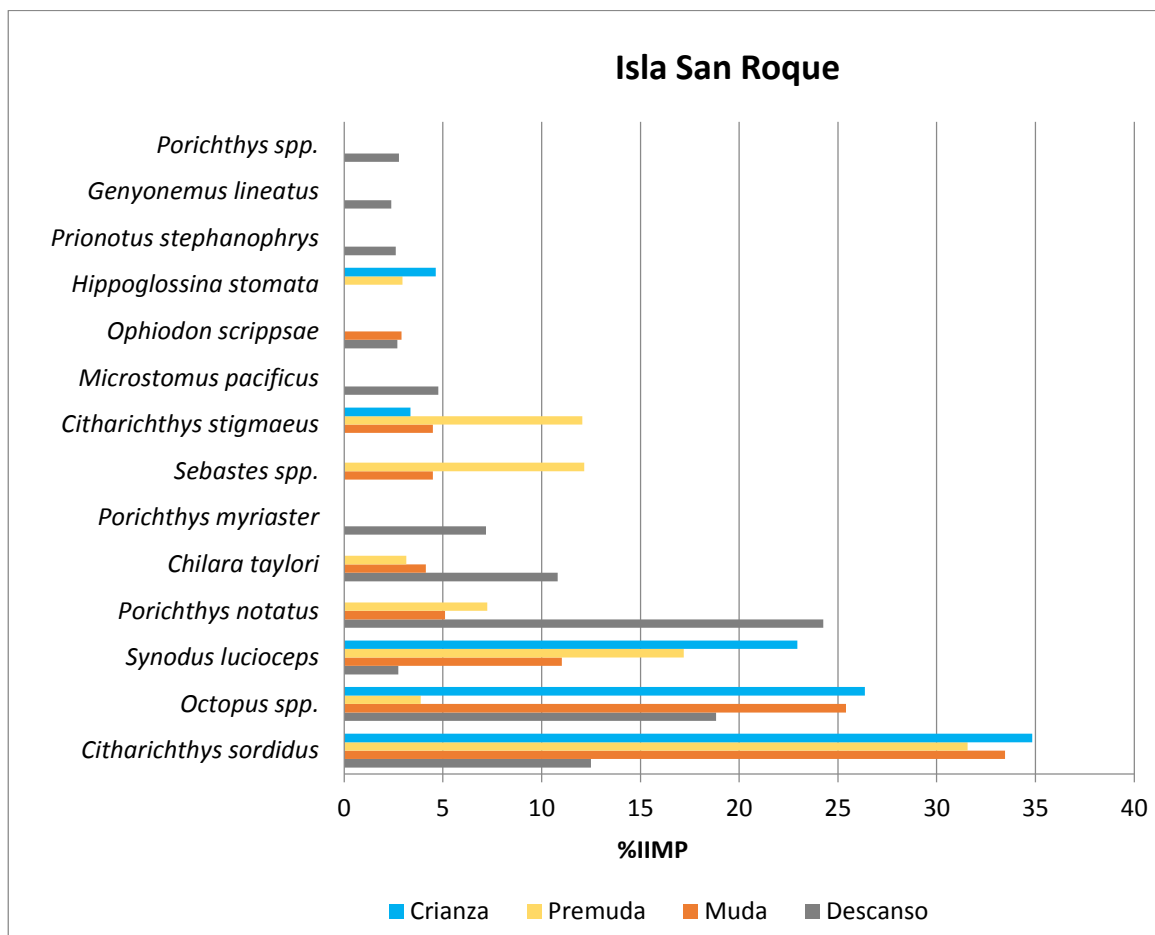


Figura 15. Espectro trófico de la foca de puerto (90% de las especies presa, basado en el índice de importancia, IIMP) en la Isla San Roque.

Por otro lado, las especies más importantes dentro de la dieta de la foca durante la temporada de muda coincidieron con las descritas para la temporada de crianza, pero con IIMP más bajos (Figura 15). En menor frecuencia, dentro del espectro del 90% de importancia, se encontró *P. notatus* (5.1%), *Sebastes* spp. (4.4%), *C. stigmaeus* (4.4%) y dos miembros de la familia Ophidiidae: *C.*

taylori (4.9%) y *Ophidion scrippsae* (2.1%). Durante esta temporada la importancia de *Octopus* spp. aumentó de un 3.8%, obtenido en la premuda, a un 25%. A excepción del pulpo, los rocotes y el lenguado *C. stigmaeus*, las demás especies que compusieron el 90% de la dieta durante la muda se comportaron de manera similar a la premuda.

En temporada de descanso de ISR se distinguió una predilección hacia el pez *P. notatus* (IIMP=24.2%) al aparecer en el 61% de las muestras. Cabe destacar que esta especie no se situó dentro de los primeros lugares de importancia durante las otras temporadas. En segundo y tercer lugar se encontró de nuevo a *Octopus* spp. y *C. taylori* con IIMP de 18.8% y 10.1%, respectivamente.

Durante las temporadas de crianza, premuda y muda, se observó una marcada preferencia hacia el lenguado *C. sordidus*, ubicándolo en primer lugar de importancia dentro de la dieta con un IIMP mayor al 30%. *C. stigmaeus*, especie importante durante la temporada de crianza, premuda y muda, no apareció en las excretas colectadas durante el descanso.

8.2. Variación espacio-temporal

Los resultados derivados de la prueba ANOSIM, generada para detectar diferencias espaciales en la dieta que consume la foca, sugirieron una mayor variabilidad entre los sitios de muestreo durante la temporada de

muda ($R_{\text{global}}=0.201$; $p<0.01$). Estas variaciones estuvieron dadas por ITS e ISJ, quienes fueron significativamente diferentes a INAT ($R_{\text{ITS-NAT}}=0.319$, $p=$; $R_{\text{ISJ-NAT}}=0.283$, $p<0.01$) e ISR ($R_{\text{ITS-ISR}}=0.246$, $p<0.01$; $R_{\text{ISJ-ISR}}=0.264$, $p<0.01$). Por otro lado, en la temporada de crianza, se encontraron diferencias significativas entre ITS e INAT ($R_{\text{ITS-NAT}}=0.21$, $p<0.01$) (Figura 16). Con respecto a las dietas caracterizadas para la temporada de descanso, se encontró que ITS e ISR fueron significativamente diferentes ($R_{\text{ITS-ISR}}=0.398$, $p<0.01$).

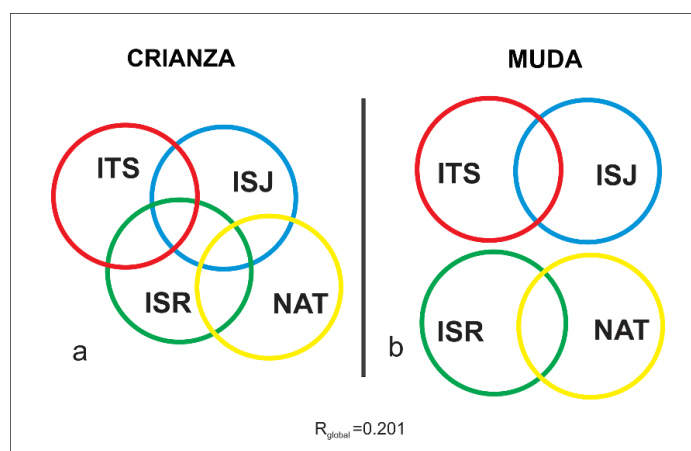


Figura 16. Variaciones espaciales encontradas para la temporada de crianza (a) y muda (b), obtenidas a partir del análisis de similitud (ANOSIM). La igualdad estadística se representó mediante la intersección de los círculos que simbolizan a cada isla (rojo: Isla Todos Santos (ITS); azul: Isla San Jerónimo (ISJ); amarillo: Isla Natividad (NAT) y verde: Isla San Roque (ISR).

Al analizar la variación temporal de cada uno de los sitios se encontraron diferencias entre las temporadas de crianza y muda entre ISJ ($R=0.153$; $p<0.01$) e NAT ($R=0.302$; $p<0.01$). En el caso de ITS ($R_{\text{global}}=0.077$) la composición de la dieta correspondiente a la temporada de descanso de la foca fue

significativamente diferente a la de crianza ($R=0.08$; $p<0.01$) y muda ($R=0.08$; $p<0.01$). Este mismo patrón se repitió en ISR (R global= 0.154 ; $p<0.01$), al obtener diferencias significativas en la composición de la dieta de descanso con respecto a la de crianza ($R=0.167$; $p<0.01$), premuda ($R=0.339$; $p<0.01$) y muda ($R=0.272$). Las temporadas con mayor grado de similitud en ISR fueron la premuda con respecto a la muda ($R=0.031$ $p<0.05$).

8.3. Ecología trófica

Para la amplitud trófica (Bi) durante toda la cobertura de estudio (los cuatro sitios con sus respectivas temporadas), se obtuvieron valores entre 0.42 y 0.11 (Tabla V). Sin embargo, el promedio fue de 0.32 durante la temporada de crianza, 0.20 en muda y 0.18 en descanso. Asimismo se encontró que los valores máximos de Bi se obtuvieron durante la crianza (Bi : 0.34-0.42), con excepción de ISR la cual obtuvo un $Bi=0.16$, el más bajo para este sitio (Tabla V). Para ITS, ISJ e NAT se observó una disminución en los valores de Bi (mayor a 0.1 unidades) para las subsiguientes temporadas (muda y descanso). En el caso de ISR, el valor más alto de Bi correspondió a la temporada de premuda ($Bi=0.4$) y disminuyó 0.2 unidades en la temporada de muda y descanso. En promedio la foca de puerto en México obtuvo un Bi de 0.13, lo cual lo coloca como un depredador especialista en todo su intervalo de distribución.

Con respecto al nivel trófico calculado para las cuatros islas, en todas las temporadas; se obtuvo un valor de 4.7, el cual caracterizó a la foca de puerto como un consumidor terciario dentro de la trama trófica marina.

Tabla V. Valores de amplitud trófica (índice estandarizado de Levin, B_i) y nivel trófico (Christensen y Pauly, 1992) correspondientes para las islas Todos Santos (ITS), San Jerónimo (ISJ), Natividad (NAT) y San Roque (ISR) durante la temporada de crianza (C), muda (M), premuda (PM) y descanso (D).

ISLA	TEMPORADA	AMPLITUD TRÓFICA (B_i)	NIVEL TRÓFICO
ITS	C	0.42	4.7
	M	0.30	4.7
	D	0.16	4.9
ISJ	C	0.34	4.6
	M	0.23	4.7
NAT	C	0.35	4.2
	M	0.11	4.7
ISR	C	0.16	4.7
	PM	0.40	4.9
	M	0.20	4.7
	D	0.20	4.8

9. DISCUSIÓN

La descripción de la dieta de la foca de puerto fue realizada con base en el método de identificación de estructuras duras (otolitos y picos de cefalópodo) a partir del análisis de contenido fecal. A pesar de que esta metodología proporciona información acerca del tipo de alimento ingerido durante las 24 horas previas al momento de la evacuación (Harvey, 1987), existen sesgos que pueden sub o sobreestimar la importancia de cada especie dentro de la dieta. Entre éstos se encuentran el consumo incompleto de las presas (no ingerir la cabeza-otolitos), la disolución completa o parcial que causa una disminución en el tamaño de los otolitos y la regurgitación de picos debido a su acumulación dentro del tracto digestivo (Pitcher, 1980; Harvey, 1987; Phillips y Harvey, 2009; Bowen, 2012).

Con respecto a la degradación de los otolitos, los miembros de la familia Clupeidae (sardinas y arenque) son un ejemplo de aquellas presas susceptibles a ser subestimadas en estudios de ecología alimentaria. Los otolitos de estos organismos presentan altas tasas de disolución dentro del tracto digestivo de la foca, ya que son estructuras muy pequeñas y frágiles (Harvey, 1988) en comparación con otras familias de peces con otolitos más robustos, como el presente en las familias Pleuronectidae (lenguados: platijas y sollas) y Scorpaenidae (rocotes). Para el grupo de los clupeidos, Harvey (1988) reportó que la tasa de recuperación de sus otolitos fue de un 24-35%, valor que se

encontró por debajo de las tasas correspondientes a la de los peces con otolitos más grandes y gruesos (Ej. rocotes y platijas). Al señalar lo anterior, hay que tener en cuenta que este tipo de información podría subestimarse en el momento de describir el espectro trófico del depredador. El incluir todas las estructuras duras (vértebras, espinas, dientes, cristalinos, etc.) dentro del análisis es una estrategia que se ha empleado recientemente para así generar más información acerca de las posibles presas no identificadas (Phillips y Harvey, 2009). Esto podría tomarse en cuenta para trabajos posteriores en México. En el presente estudio no se encontraron otolitos pertenecientes de la familia Clupeidae; sin embargo, la presencia de la sardina (*Sardinops sagax*) en la dieta de la foca de puerto se reportó para Isla Natividad en un estudio anterior (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013).

Así mismo, existen especies con estructuras blandas más sensibles a la digestión, como por ejemplo especies de elasmobranquios y/o invertebrados (bivalvos o crustáceos) que han sido consideradas como posibles presas de las focas de puerto (Gibble, 2011; Lance *et al.*, 2012); ninguna de estas se encontró en el presente estudio. No obstante, el consumo de crustáceos se evidenció al encontrar restos de exoesqueletos, los cuales se registraron en términos de %FO.

Cabe destacar que el registro de crustáceos como parte de la alimentación de la foca de puerto ha sido reportado tanto para la subespecie *P. v. vitulina* en

Escocia (Pierce *et al.*, 1991) como para nuestra subespecie de interés, *P. v. richardii* (Lance *et al.*, 2012) en Pudget Sound y en la Bahía de San Francisco, mediante el análisis de estructuras duras (Gibble, 2011). Para este estudio existe la probabilidad acerca del consumo de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) por parte de la foca de puerto. Lo anterior, debido a que durante el día de navegación en el que se generó el muestreo de muda, se observó a la deriva un agrupamiento masivo de langostilla a unos cientos de metros de ISJ. Tal parche pudo haber estado relacionado con la alta recurrencia de estructuras de crustáceos en las excretas correspondientes a ese sitio y periodo. Actualmente no se ha reportado a *P. planipes* como posible presa de la foca de puerto, pero sí el aprovechamiento de ésta por parte de dos especies de pinnípedos que comparten zonas de agrupamiento con la foca de puerto, entre ellas el elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) en Isla San Miguel (Antonelis *et al.*, 1987) y el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en la Isla San Clemente (Lowry *et al.*, 1991), ambas islas ubicadas frente a las costas de California. De esta manera, se podría inferir el aprovechamiento de este recurso por parte de la foca, cuando aumenta su disponibilidad en el ambiente.

En relación a los otolitos no identificados (2.4%), se encontró que presentaban un estado de degradación no pertinente para su identificación, es decir carecían de rasgos distintivos que permitieran diferenciar las especies. Cabe mencionar que éstos se contabilizaron para el registro final de estructuras duras encontradas; sin embargo, debido al bajo porcentaje y desconocimiento de

algún nivel taxonómico al que pudieran pertenecer, no se consideraron para el análisis de datos. El estado de degradación tan avanzado que presentaron estos otolitos, podría deberse al tiempo de permanencia dentro del tracto digestivo o a sus características morfológicas (tamaño y grosor) que los hacen más vulnerables a la degradación en comparación a otolitos más robustos (Harvey, 1988). Estos inconvenientes propios del método de análisis de heces pueden resolverse si complementamos este método con el uso de técnicas moleculares que permitan la identificación de las presas a través de la extracción del DNA de las especies contenidas en las excretas (Casper *et al.*, 2007; Dunshea, 2009). No obstante, hay que resaltar que este método sólo permite obtener información cualitativa de tipo taxonómico (Bowen, 2012).

Si se compara la logística de muestreo en este trabajo, con las realizadas en otros estudios que también evaluaron las variaciones temporales en la composición de la dieta de la foca de puerto, este resultado podría estar sesgado debido a que en algunos sitios se generó un solo muestreo en una temporada. En otros trabajos el intervalo de tiempo de cada temporada es conocido, por lo que es posible establecer campañas de muestreo que cubran todo el periodo correspondiente a las temporadas de estudio (Payne y Selzer, 1989; Gible, 2011). La logística de los muestreos empleada en este trabajo se debió principalmente al desconocimiento de la fecha de inicio y término de cada temporada correspondiente al ciclo anual de la foca de puerto en cada una de las islas. Por consiguiente, no fue posible realizar salidas al campo que

abarcaran todo el periodo de inicio a fin de cada temporada. Las fechas de colecta se establecieron con base en observaciones *in situ* relacionadas con registros de máximos de abundancia de crías (temporada de crianza) y de organismos mudando (temporada de muda) sobre la costa. A pesar de ello, con base en los resultados obtenidos en ISR (sitio donde se generaron más muestreos a lo largo de la temporada de muda -muestreo de premuda y muda-, por ejemplo) no se observaron variaciones en la composición de la dieta o recurrencia de organismos únicos del día de muestreo que pudieran sesgar los resultados. Más aún, las especies que contribuyeron con el mayor índice de importancia (IIMP) aparecieron durante las cuatro temporadas de muestreos.

Más de tres cuartas partes de las estructuras analizadas (80.8%) correspondieron a especies de peces óseos, por consiguiente la foca de puerto en México puede suponerse como un depredador ictiófago, tal y como indican estudios previos y puntuales en Baja California, con preferencia hacia el consumo de especies que viven asociadas al fondo (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2014; Alamán, 2014). La consideración hacia la foca de puerto como un depredador de hábitos bentónicos ha sido reportada para distintas colonias dentro de todo su rango de distribución (Härkönen, 1987; Harvey y Torok, 1994; Oxman, 1995; Trumble, 1995; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013; Alamán, 2014). Sin embargo existen trabajos que reportan aumentos en la importancia por el consumo de presas pelágicas como el arenque, sardina, salmón y anchoveta (Escocia: Tollit, 1997; Washington: Lance y Jeffries, 2007; Alaska:

Hauser *et al.*, 2008). Esto está asociado a eventos oceanográficos estacionales, como surgencias (Eguchi y Harvey, 2005), que generan una elevación en la abundancia de estas presas. Cabe resaltar que estos autores no descartan el consumo de organismos demersales, ya que estacionalmente el consumo de presas pertenecientes a las familias Pleurinctidae (lenguados), Ammodytidae (piones), Scorpaenidae (rocotes), entre otras, incrementa a tal grado que su contribución a la dieta los coloca dentro de los primeros lugares de importancia.

Las oscilaciones en la importancia estacional de algunas presas en la dieta de la foca de puerto han sido asociadas, por varios autores, al comportamiento oportunista de la foca por aprovechar los recursos que abundan estacionalmente dentro de sus zonas de alimentación (Harvey y Torok, 1994; Oxman, 1995; Trumble, 1995; Tollit *et al.*, 1997). Para ello, la foca de puerto implementa distintas estrategias para capturar alimento, las cuales se relacionan con los hábitos de la presa (bentónica o pelágica). La primera estrategia consiste en aprovechar organismos bentónicos que se encuentran disponibles a lo largo del año (lenguados, rocotes, pulpos, etc.), mientras la segunda estrategia depende de la abundancia y disponibilidad de especies pelágicas, que en algunos casos resulta ser estacional (Tollit *et al.*, 1997; Eguchi y Harvey, 2005). Lo anterior es discutido por Eguchi y Harvey (2005) para la Bahía de San Francisco, quienes explicaron que gracias a la configuración batimétrica de la zona, existe una alta productividad durante la época de surgencias en la cual se generan agregaciones masivas de peces

pelágicos, por ejemplo la anchoveta y sardina. Durante estos eventos la foca cambia su régimen alimentario de bentónico a pelágico (Tollit *et al.* 1997); una vez disminuida la disponibilidad de estos peces, la foca regresa a consumir especies bentónicas (segunda estrategia) (Tollit *et al.*, 1997). La congregación masiva de especies, como las ya mencionadas, exponen hasta cierto punto el comportamiento oportunista.

Cabe destacar que para todo el intervalo de tiempo muestreado (enero a septiembre 2014), no se observó una predilección por el consumo de peces pelágicos. *E. mordax* (anchoveta norteña) y *M. productus* (merluza del Pacífico), dos especies de importancia comercial, fueron las especies pelágicas que alcanzaron los IIMP más altos, los cuales fueron menores al 5%. La anchoveta norteña es reportada como una de las presas con mayor importancia dentro de la dieta de la foca de puerto en las costas de California (Harvey y Torok, 1994; Gible y Harvey, 2015). Para la Bahía de San Francisco, Harvey y Torok (1994) mencionaron que el incremento en la importancia de la anchoveta durante la temporada de crianza se relaciona con los periodos reproductivos de ésta, en los cuales se registran las mayores abundancias a lo largo del año. Por otro lado, los índices bajos en la importancia de ésta son discutidos por Trumble (1995), quien caracterizó la dieta de la foca de puerto en la Bahía de Monterey, California. Con base en lo reportado por otros autores. Trumble (1995) argumentó que debido al pequeño tamaño y grosor que caracteriza a los otolitos de anchoveta, al igual que los de sardina, los hacen más susceptibles a

la degradación, razón por la cual la importancia de esta presa podría ser subestimada. En México el único registro de la anchoveta como alimento de la foca fue reportado por Alamán (2014) para el Estero de Punta Banda en Ensenada, quien al igual que en este estudio reportó una contribución baja, equivalente al 5% en términos del IIMP.

Otra razón que podría estar relacionada con los bajos índices de importancia de los pelágicos menores (sardina y anchoveta) es el bajo o nulo consumo debido a la poca disponibilidad del recurso, que a su vez podría asociarse a los movimientos migratorios de la anchoveta o sardina, o a eventos que afectan las condiciones ambientales (temperatura superficial del mar o salinidad), como por ejemplo, El Niño. En el caso de los stocks de sardina que habitan las costas de la península de Baja California, su disponibilidad está sujeta a la temperatura superficial del mar que es controlada por los flujos estacionales de la Corriente de California. Cuando hay eventos de mesoescala como El Niño, la abundancia de la anchoveta y la sardina disminuye (Baumgartner *et al.*, 1992).

Con respecto a los cefalópodos, el género *Octopus* y el calamar *D. opalescens* fueron las dos entidades taxonómicas dentro de este grupo con mayor contribución dentro de la dieta de la foca. La aportación de los pulpos y calamares como uno de los principales alimentos de la foca ha sido señalada por varios autores para las costas de California y Baja California (Oxman, 1995;

Trumble, 1995; Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013; Alamán, 2014). En el caso del calamar de California (*D. opalescens*), su presencia sólo ha sido reportada por Alamán (2014) para la Isla de Todos Santos en México durante el mes de junio como una de las especies que contribuyeron con el 70% de las presas con mayor importancia. La relevancia de esta presa como componente primordial dentro de la dieta de la foca de puerto fue observada en el presente estudio durante la temporada de muda. Lo anterior podría relacionarse con el aprovechamiento por parte de la foca al consumir este recurso durante las migraciones estacionales del calamar de California hacia zonas más costeras. Forsythe *et al.* (2004) reportaron para el área de California congregaciones masivas de aproximadamente 3,000-4,000 calamares/m² en zonas someras cercanas a la costa durante su apareamiento. Lo anterior podría explicar por un lado, el comportamiento oportunista de la foca al aprovechar los recursos que se presentan en abundancia en ciertos periodos del año, y por otro lado el grado de especialidad debido a la preferencia por este recurso observada durante dos años seguidos en ITS.

A pesar de que el calamar de California representa un elemento importante en la alimentación de la foca de puerto para el área de California y Baja California, estudios realizados en zonas ubicadas en latitudes más norteñas indican que la importancia de este organismo es baja o nula, ya que la dieta de la foca es dominada principalmente por peces (Payne y Selzer, 1980; Lance y Jeffries, 2007; Luxa y Acevedo-Gutiérrez, 2013). Un ejemplo de lo anterior es reportado

por Payne y Selzer (1980) para la zona del sur de Nueva Inglaterra, quienes mencionaron la contribución de los calamares *Loligo pallei* e *Illex illecebrosus* dentro del espectro trófico entre 1% y 22% durante todo el año. No obstante estas dos presas no figuraron como las presas con mayor importancia en el espectro trófico de la foca de puerto en nuestro estudio. Así mismo, London *et al.* (2002) reportaron la presencia de especies de cefalópodos en Hood Canal, Washington, como un componente principal de la dieta de la foca, entre ellas *D. opalescens*.

La aparición de *Octopus* spp. en todas las temporadas dentro de todo el intervalo de estudio podría indicar que esta presa está disponible durante todo el año. Sin embargo, las oscilaciones en su importancia podrían relacionarse con el incremento en la abundancia de otros organismos (Oxman, 1995) que energéticamente solventan las necesidades de la foca para ese momento. Para la Bahía de San Francisco y Bahía de Monterey, en California (Oxman, 1995 y Trumble, 1995), se discutió la gran contribución de los pulpos como alimento de la foca de puerto en las costas occidentales del Océano Pacífico. Oxman (1995), quien caracterizó los hábitos alimentarios de *P. v. richardii* en el estuario de Elkhorn Slough en la Bahía de Monterey, encontró que *Octopus* sp. fue el género con mayor índice de importancia relativa y mayor frecuencia de ocurrencia, colocándola como la presa más importante durante el invierno y primavera.

Como se mencionó anteriormente, en general la dieta de *P. vitulina* estuvo compuesta principalmente de peces tanto pelágicos como bentónicos. La preferencia por el consumo de peces bentónicos se evidenció en la dieta de las cuatro islas, al observar la recurrencia de especies de lenguados (*Citharichthys* spp.), rocotes (*Sebastes* spp.) y de un pez anguiliforme llamado comúnmente como “lagarto lucio” (*S. luciocephalus*). Estos grupos se mantuvieron presentes durante todo el intervalo de tiempo de muestreo con variaciones estacionales asociadas a su importancia en la dieta.

El género *Sebastes* fue uno de los grupos que predominó en la dieta de *P. vitulina* durante todo el intervalo de muestreo. La mayor contribución por parte de éste se observó en las dos islas del norte, ITS e ISJ, siendo la temporada de crianza la época en la que se registraron los valores más altos en IIMP y FO. Los rocotes en ISR no fue la presa con mayor influencia en la dieta de la foca de puerto, ya que su importancia se mantuvo por debajo del 5% en todas las temporadas, a excepción del muestreo de premuda cuando se colocó como la tercera especie más importante (IIMP=12%). La disminución en la importancia de *Sebastes* spp. en los sitios ubicados en latitudes más bajas (NAT e ISR) podría deberse a su baja disponibilidad en el ambiente o a la tendencia de la foca de puerto hacia el consumo de otros recursos que se encuentran en mayor abundancia. Sin embargo, existen registros sobre la abundancia estacional de estos organismos para las costas de Baja California (desde la Bahía de Todos Santos hasta Punta Canoas), en donde mencionan la presencia de *Sebastes* a

lo largo del año (Rosales-Casián y González-Camacho, 2003). Rosales-Casián y González-Camacho (2003) registraron una alta abundancia de *Sebastes* durante los meses de primavera (abril-mayo), la cual se encontró por encima de otras especies que son aprovechadas por la pesca artesanal local.

Al igual que en este estudio, Trumble (1995) reportó la presencia de *Sebastes* en la dieta de la foca de puerto de Bahía de Monterey durante todo el año, con valores máximos durante el verano, otoño e invierno. Trumble (1995) basado en otras fuentes, explicó que el consumo alto de rocotes podría asociarse a un incremento en la abundancia de este grupo en las zonas de alimentación. La gran contribución y la presencia de *Sebastes* durante diferentes temporadas en la dieta de la foca de puerto, es reportado para distintas colonias ubicadas en la costa oeste de Estados Unidos y de la Península de Baja California (Oxman, 1995; Trumble, 1995; Lance *et al.*, 2012; Alamán, 2014).

Otro grupo que contribuyó con gran importancia a la composición de la dieta de la foca de puerto fueron los lenguados. Su presencia se registró durante todo el periodo de muestreo en las cuatro islas con la contribución de nueve especies, siendo el género *Citharichthys* el que tuvo mayor repercusión en la composición del espectro trófico de NAT e ISR. Los lenguados se han registrado como presas importantes de la foca de puerto en distintas localidades alrededor del mundo (Brown y Mate, 1980; Payne y Selzer, 1989; Harvey y Torok, 1994; Oxman, 1995; Trumble, 1995; Tollit *et al.*, 1997; Hauksson y Bogason, 1997;

Tollit *et al.*, 1998; Lunneryd, 2001). Las especies reportadas en estudios de ecología alimentaria de la foca de puerto varían de acuerdo a la zona geográfica. Sin embargo, las especies pertenecientes a la familia Paralichthyidae (por ejemplo, *Citharichtys* spp.) mencionadas en trabajos que se enfocaron en California, coinciden con lo encontrado en este estudio (Oxman, 1995; Trumble, 1995; Gible, 2011). Con respecto a su abundancia en el ambiente, Kramer (1991) reportó a miembros de la familia Paralichthyidae como las especies que mayormente predominan en las zonas someras cercanas a los 14m de profundidad en el área sur de las costas de California. Lo anterior, en comparación con otras especies de lenguados pertenecientes a otras familias.

A pesar de que los lenguados son un grupo que es consumido durante todo el año por la foca de puerto, su importancia recobra relevancia en primavera (Oxman, 1995; Luxa y Acevedo-Gutiérrez, 2013). La gran importancia de estos peces durante esta temporada podría asociarse a los meses en los cuales los lenguados se congregan en zonas someras con el fin de aparearse (Rackowski y Pikitch, 1989; Oxman, 1995). En el cañón de La Jolla, en San Diego, California, se reportó que durante los meses de primavera-verano, las hembras y machos adultos del lenguado *C. stigmatopterus* se congregan a 15m de profundidad para reproducirse, temporadas donde se registraron los máximos de abundancia de este pez (Rackowski y Pikitch, 1989). La relación directa entre la abundancia relativa de estas presas en el ambiente con su importancia en la

dieta ha sido discutida por diferentes autores, quienes se han apoyado en sus investigaciones con censos de ictiofauna bentónica aledaña a las colonias de la foca de puerto (Tollit *et al.*, 1997; Oxman, 1995). Dicho lo anterior, se sugeriría para los próximos estudios, generar información acerca de la composición y abundancia de la fauna que habita los fondos cercanos a las zonas de congregación de la foca de puerto, para así poder entender más acerca del comportamiento alimentario de la foca.

Asimismo, la depredación de los lenguados en las costas de Baja California por parte de *P. v. richardii* no fue exclusivamente del género *Citharichthys*, sino que también se identificaron otras especies, en menor abundancia, que contribuyeron en la composición de la dieta. Muchos de estos organismos se han reportado como especies que comparten el mismo nicho ecológico que *Citharichthys* spp. en las costas de California (Rackowsky y Pitch, 1989). Estos autores mencionaron que *Citharichthys* spp., en su ambiente, se asocia a congregaciones de peces tales como *M. pacificus*, *P. notatus* y *Z. frenata* (para el Sur de California) *S. atricauda*, *Pleuronichthys verticalis* y *Parophrys vetulus*. De estas especies, algunas ocurrieron en los cuatro sitios de muestreo, de tal modo que contribuyeron en el 90% del espectro trófico.

El pez “lagarto lucio” (*S. lucioiceps*) fue otra de las especies que apareció en todos los muestreos, con excepción del realizado para la temporada de crianza en NAT. La depredación de éste ha sido reportada en NAT por Elorriaga-

Verplancken *et al.* (2013) y en ITS por Alamán (2014). Este último describió a *S. lucioiceps* como la segunda especie más importante con IIMP del 12% y 22% para los meses de mayo y junio, respectivamente. Los valores obtenidos por Alamán (2014) son cercanos a los derivados en este estudio para la temporada de muda (IIMP=16.7%), lo que supone su permanencia durante todo el año en las zonas de alimentación utilizadas por la foca.

Lo anterior puede ser fundamentado en base a registros sobre la abundancia estacional de este organismo a lo largo de la costa occidental de la Península de Baja California, los cuales son escasos. Existe un estudio sobre la estructura de la comunidad ictiológica asociada a fondos blandos de la costa occidental de Baja California Sur (desde Bahía Vizcaíno a Bahía Magdalena) realizado por Rodríguez-Romero *et al.* (2008), donde se reporta a *S. lucioiceps* como una de las especies más abundantes y con mayor frecuencia de aparición durante los muestreos de primavera y otoño. Asimismo, existen registros obtenidos por efecto de su extracción incidental mediante actividades de pesca de organismos de fondo que confirman lo anterior. A consecuencia de la pesca incidental de *S. lucioiceps*, se sabe que éste comparte nicho con especies de lenguados (California Department of Fish and Wildlife, 2013), por lo que podría suponerse que el alimento principal de la foca de puerto se encuentra concentrado dentro de las mismas zonas de alimentación. Dicho lo anterior, se podría sugerir que los altos índices de importancia de estas dos presas (lenguados y lagarto lucio) reflejan un alto consumo por parte de la foca. Esto asociado a la permanencia

de estas especies, las cuales se encuentran abundantes en el ambiente probablemente durante todo el año.

Anteriormente se discutió acerca de la presencia de las principales especies que caracterizaron la dieta de la foca y cómo su consumo cambia entre épocas. A pesar de que la importancia de algunas especies varió entre las distintas temporadas, éstas se mantuvieron siempre presentes. Las diferencias temporales en la dieta de la foca es un tópico que ha sido un punto de discusión en los estudios de ecología alimentaria (Pierce *et al.*, 1991; Lance y Jeffries, 2007; Gible, 2011). Estas diferencias se han atribuido a la dinámica de la comunidad ecosistémica de cada región con respecto a incrementos o descensos en la abundancia relativa de algunas especies (Harvey, 1987; Harvey y Torok, 1994; Oxman, 1995; Trumble, 1995; Hauksson y Bogason, 1997; Lance y Jeffries, 2007; Lance y Jeffries, 2009; Wilson *et al.*, 2014). Lo anterior ha sido correlacionado mediante el estudio del comportamiento de la foca de puerto durante los buceos realizados en los viajes de alimentación (Wilson *et al.*, 2014). Estos autores, mediante datos de telemetría, encontraron que los patrones de buceo empleados por la foca durante los viajes de alimentación en temporadas de crianza y post-crianza, se correlacionaron con las fluctuaciones anuales en la abundancia de especies registradas como presas de la foca.

Además de los cambios estacionales en la dieta de la foca de puerto, se observaron diferencias en su estructura entre los cuatro sitios de estudio. Durante la temporada de muda, las dos islas del norte (ITS e ISJ) obtuvieron mayores índices de similitud y fueron significativamente diferentes a las dos islas del sur (NAT e ISR). Las dietas caracterizadas para NAT e ISR durante esta temporada fueron muy similares debido a que el lenguado *C. sordidus* se mantuvo en primer lugar en ambas localidades con IIMP del 45% y 33%; así mismo el 70% de la dieta de ambas localidades incluyó a *Octopus* spp. y *S. luccioeps*, en segundo y tercer lugar de importancia. Con respecto a ITS e ISJ, la similitud entre las dietas podría relacionarse con la alta contribución de los rocotes en estos sitios, así como con el incremento en la importancia del calamar de California, el cual no ocurrió en las demás islas. Cabe destacar que las especies *E. mordax*, *Zaniolepis frenata* y *Zaniolepis latippinis* fueron especies que sólo ocurrieron en las islas del norte, mientras que *Ophiodon scrippsae* y *Prionotus stephanophrys* aparecieron sólo en ISR e NAT, todas con importancias menores al 5%. Estas diferencias podrían haber contribuido a las diferencias encontradas entre las dos regiones (islas norte vs. islas sur).

Durante la temporada de descanso se observó la misma tendencia que durante la temporada de muda, ya que sí se obtuvieron diferencias entre ITS e ISR. La estructura del espectro trófico varió con respecto a las principales especies que contribuyeron a la dieta; por un lado en ITS la dieta fue dominada por el largarto, seguido de *Octopus* spp. y *Sebastes* spp. Con respecto a ISR, la

aparición de género *Porichthys* spp. tuvo mayor relevancia durante esta época, al ser *P. notatus* quién ocupó el primer lugar en la dieta. Dicho lo anterior, las diferencias podrían relacionarse a la gran contribución de *P. notatus* y/o a su ausencia en la dieta caracterizada para ITS durante este periodo, aunado a las diferencias en la importancia del lagarto lucio entre los dos sitios.

En lo que respecta al análisis de variación espacial correspondiente a la temporada de crianza se encontró que el mayor grado de disimilitud entre dietas se encontró entre ITS e NAT debido a que las presas que constituyen cerca del 80% de la dieta difirieron entre una isla y otra. Por una lado, en ITS el 80% de la dieta fue constituido en orden de importancia por *Sebastes* spp., *S. lucioceph*, *C. taylori* y *C. stigmaeus*; e NAT por *C. sordidus*, *Octopus* spp. y *C. stigmaeus*.

Es evidente que en ambas temporadas las especies de mayor importancia, así como algunas no tan importantes aparecieron en los cuatro sitios, por lo que las diferencias en la dieta se podrían asociar a la abundancia con la que fueron consumidas, y en algunos casos a la aparición de especies que sólo ocurrieron en un sitio en particular. Lo anterior se especula con base en lo que se ha discutido y concluido en otros estudios, ya que no se cuenta con registros suficientes sobre la estructura de la comunidad ictio-bentónica en las cuatro islas durante distintas temporadas a lo largo de un año.

Algunas de las especies que se presentaron en las cuatro islas, como *C. sordidus*, *C. stigmaeus*, *Sebastes* spp., *Octopus* spp., *D. opalescens* y *C. taylori* se han reportado como presas comúnmente consumidas por la foca de puerto en la costa occidental de Estados Unidos (Harvey, 1987; Oxman, 1995; Trumble, 1995; Lance y Jeffries, 2009). La similitud en la composición de la dieta entre lo reportado en Estados Unidos, con lo que respecta a este estudio podría estar relacionado con los procesos que caracterizan el Sistema de la Corriente de California, el cual rige la dinámica costera del corredor California-Península de Baja California. A pesar de lo anterior existen barreras o provincias biogeográficas influenciadas por procesos oceanográficos a una escala menor que el Sistema de la Corriente de California. Éstas rigen la dinámica oceánica y costera de cada región, así como la composición y distribución de la ictiofauna que habita en los ecosistemas que integran cada provincia (Horn *et al.*, 2006; Rodríguez-Romero *et al.*, 2008).

La Península de Baja California está definida por la provincia San Diego, delimitada por Punta Concepción, California y Bahía Magdalena, Baja California Sur (Horn *et al.*, 2006). De acuerdo a lo reportado por Horn *et al.* (2006) la comunidad ictiológica dentro la provincia de San Diego sufre ligeros cambios en la composición conforme se avanza hacia latitudes más sureñas. Sin embargo,

el grueso de la composición de especies se comparte a lo largo de ésta. Lo anterior se ve reflejado en la dieta de la foca de puerto, al no encontrar diferencias en la composición de las presas consumidas en los cuatro sitios de muestreo. A pesar de que no se observaron diferencias en la composición de presas en la dieta, el ANOSIM nos indicó que sí existen diferencias entre las dietas descritas para cada isla. Esta variabilidad espacial es explicada por la cantidad en el consumo de estas presas, lo cual podría estar determinado por su abundancia en el ambiente (Harvey, 1987; Lance y Jeffries, 2009). Las fluctuaciones en la abundancia estacional de las presas, a su vez, están relacionados con cambios en los flujos dentro del Sistema de la Corriente de California, los cuales determinan los periodos de congregación de algunas especies residentes y/o migratorias (Funes-Rodríguez *et al.*, 2002).

En cuanto a los resultados derivados de la amplitud del nicho trófico (índice de Levin), se encontró que las dietas caracterizadas para todos los muestreos obtuvieron valores menores a 0.5, lo cual colocó a la foca de puerto en México como un depredador especialista durante las temporadas de crianza, muda y descanso. No obstante, para la temporada de crianza en ITS, ISJ e NAT se obtuvieron los valores más altos (0.34-0.42), con respecto a las demás temporadas, lo cual indicó una plasticidad mayor durante esta época.

Las temporadas en las que la foca de puerto se especializó en un cierto tipo de presa variaron entre islas. En ITS, durante la temporada de descanso casi el 50% de la dieta fue ocupado por *S. lucioiceps* (IIMP=47%), lo mismo se observó para NAT en la temporada de muda con la contribución de *C. sordidus* con IIMP igual al 45%. En ISJ el mayor grado de especialidad se obtuvo durante la temporada de muda con tres especies (IIMP>15%) que constituyeron el 60% de la dieta. En ISR, durante las temporadas de crianza, muda y descanso se obtuvieron valores de ≤ 0.2 y se observó una especialización hacia el consumo de *C. sordidus*, ya que ocupó más del 30% de la dieta. A pesar de ello, la temporada de crianza fue durante la cual la foca de puerto fue más especialista, debido a que sólo tres especies (IIMP>20%) generaron el 84% de su dieta.

La foca de puerto es considerada por varios autores un depredador especialista temporal (Alamán, 2014), en especial en zonas donde se presenta una alta disponibilidad y facilidad de captura de especies migratorias, por ejemplo el salmón (London 2002; Lance y Jeffries, 2007). La foca como depredador especialista ha sido discutido por Wilson *et al.* (2014) en Pudget Sound, Washington, con base en la relación que existe entre el comportamiento expuesto por la foca durante los viajes de alimentación y la variabilidad estacional de la dieta. No obstante, en este estudio, con respecto a la comparación de las dietas caracterizadas para diferentes épocas del año, se observó una predilección por especies como *S. lucioiceps*, *Octopus* spp.,

Sebastes spp. y *Citharichthys* spp.. De la misma forma, estas presas fueron reportadas como especies recurrentes en la dieta de la foca en ITS por Alamán (2014), a partir de colectas generadas un año previo (2013) a este trabajo. La recurrencia de las principales presas de la foca en ITS, durante el año 2013 (Alamán, 2014) y 2014 (este estudio), podría sugerir una constancia en la dieta interanual. De igual forma Elorriaga-Verplancken *et al.* (2013) en NAT sustentaron lo anterior a partir de la señal de nitrógeno en pelo de crías.

Por otro lado, los pinnípedos juegan un papel importante dentro del ecosistema marino, ya que son considerados como depredadores tope dentro de la red trófica. La alimentación carnívora, como ya se discutió, compuesta por peces y cefalópodos, colocan a la foca de puerto como un consumidor terciario.

10. CONCLUSIONES

- Con base en la caracterización del espectro trófico de cuatro de las colonias (Isla Todos Santos, Isla San Jerónimo, Isla Natividad e Isla San Roque) más abundante en México, la foca de puerto se caracterizó por ser un depredador que se especializa en consumir principalmente presas (peces y cefalópodos) de hábitats bentónicos.
- Al igual que los peces, los cefalópodos tuvieron una importancia relevante dentro de la dieta de la foca en México, siendo el género *Octopus* spp. el grupo que obtuvo los mayores índices de importancia. Se presentó en todos los muestreos con índices de importancia mayores al 20% y en algunos casos fue el organismo más consumido.
- Para toda el área de estudio se encontró que el listado de las principales presas que caracterizaron la dieta de la foca de puerto fue muy similar; sin embargo, las diferencias encontradas entre las localidades del Norte (ITS e ISJ) y las del Sur (INAT e ISR) y entre temporadas se debió principalmente a la importancia de cada especie (presencia y abundancia) en la que aparecieron en cada localidad.

- La similitud sobre la composición de especies de las dietas caracterizadas para las cuatro colonias estudiadas, indicaron un grado de especialidad de la foca de puerto a lo largo del tiempo, por consumir un mismo tipo de presas. Asimismo, esto fue corroborado con los resultados derivados de la amplitud de nicho trófico que caracterizaron a la foca de puerto como un depredador especialista.
- La foca de puerto en México se caracterizó por poseer un nivel trófico de 4.7, el cual la clasificó como un consumidor terciario.
- Para poder argumentar con certeza los cambios temporales en la dieta de la foca con fluctuaciones naturales en la abundancia de la biota aledaña a cada colonia, son necesarios estudios ecológicos sobre la estructura y composición de la comunidad bentónica que habita la costa oeste de la Península de Baja California, así como de sus islas.

11. REFERENCIAS

- Aguilar-Rosas, R, Aguilar-Rosas, L.E., Ávila-Serrano, G.E., González-Yajimovich, O., y Becerril-Bobadilla, F. (2010). Macroalgas submareales de la bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(3):601-618.
- Alamán, R. (2014). Hábitos alimentarios de la foca de puerto, *Phoca vitulina richardsi*, en la Bahía Todos Santos, Baja California, México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California. 79 p.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N. y Clark, K.L. (2009). PRIMER 6 & PERMANOVA+. 6.1.13 & 1.0.3 ed. Plymouth, UK: PRIMER-E Ltd.
- Andersen, S.M., Teilmann, J., Harders, P.B., Hansen, E.H., y Hjøllund, D. (2007). Diet of harbour seals and great cormorants in Limfjord, Denmark: interspecific competition and interaction with fishery. *Journal of Marine Science* 64:1235-1245.
- Antonelis, G.A., Lowry, M.S., DeMaster, D.P. y Fiscus C.H. (1987). Assessing northern seal feeding habits by stomach lavage. *Marine Mammal Science* 3(4):308-322.
- Arias-Del Razo, A. (2011). Uso de hábitat por cuatro especies de pinnípedos en las islas al occidente de Baja California. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, México. 141 p.
- Baumgartner, T.R., Soutar A. y Ferreira-Bartrina, V. (1992). Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy populations over the past two

- millennia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation Report* 33: 24-40.
- Berta, A., Sumich, J.L. y Kovacs, K.M. (eds.) (2006). *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. Academic Press. San Diego, E.U.A. 560 p.
- Boveng, P.L., Bengtson, J.L, Withrow, D.E., Cesarone, J.C. y Simpkins, M.A. (2003). The abundance of harbor seals in the Gulf of Alaska. *Marine Mammal Science* 19(1):111-127.
- Bowen, W.D. (1991). Behavioral ecology of pinniped neonates. En: *Behavior of Pinnipeds*. 66-127 p. Renouf, D. (ed.), Springer, Holanda.
- Bowen, W.D. (1997). Role of marine mammals in aquatic ecosystems. *Marine Ecology Progress Series* 158: 267-274.
- Bowen, W.D., Read, A.J. y Estes, J.A. (2002). Feeding Ecology. 217-246 p. En: *Marine Mammal Biology: An Evolutionary Approach*. Rus Hoezel (ed). Blackwell Science Ltd. Oxford, UK.
- Bowen, W.D. (2012). Methods of estimating marine mammal diets: A review of validation experiments and sources of bias and uncertainty. *Marine Mammal Science* 29(4):719-754.
- Braje, T.J. y Rick, T.C. (eds.) (2011). *Human Impacts on Seals, Sea Lions, and Sea Otters: Integrating Archaeology and Ecology in the Northeast Pacific*. University of California Press. London, England. 328 p.
- Brown, R.F. y Mate, B.R. (1980). Abundance, movements, and feeding habits of harbor seals, *Phoca vitulina*, at Netarts and Tillamook bays, Oregon. *Fishery Bulletin* 81(2):291-301.

Brownell, R. L., DeLong, R.L. y Schreiber, R.W. (1974). Pinniped populations at islas de Guadalupe, San Benito, Cedros, and Natividad, Baja California, in 1968. *Journal of Mammalogy* 55(2):469-472.

California Department of Fish and Wildlife (2013). California Marine Sportfishes: Other Fishes. Disponible en: <https://www.wildlife.ca.gov/Fishing/Ocean/Fish-ID/Sportfish/Other-Fishes>

Carter, H.R., Whitworth, D.L., McIver, W.R., Bulger, J.B. y McChesney, G.J. (1996). Survey of Xantus Murrelets (*Synthliboramphus hypoleucus*) and other marine birds at Islas Los Coronados, Baja California Norte, México, on 23-25 April 1995. Unpublish final report, National Biological Service, California Science Center, Dixon, California. 24 p.

Casper, R.M., Jarman, S.N., Deagle, B.E., Gales, N.J. y Hindell, M.A. (2007). Detecting prey from DNA in predator scats: A comparison with morphological analysis, using *Arctocephalus* seals fed a known diet. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 347:144-154.

Christensen, V., y Pauly, D. (1992). ECOPATH II: Software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modeling* 61:169-185.

Committee on Taxonomy (2014). List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy. Disponible en: <http://www.marinemammalscience.org/wp-content/uploads/2014/09/Society-for-Marine-Mammalogy-Species-Taxonomy-List-2014-04-23.pdf>

- Cronin, M., Duck, C., Cadhla, O., Nairn, R., Strong, D. y O'Keeffe, C. (2007). An assessment of population size and distribution of harbour seals in the Republic of Ireland during the molt season in August 2003. *Journal of Zoology* 273:131-139.
- Da Silva, J. y Neilson J.D. (1985). Limitations of using otoliths recovered in scats to estimate prey consumption in seals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42:1439-1442.
- Daniel, R.G., Jemison, L.A. y Crowley, S.M. (2003). Molting phenology of harbor seals on Tugidak Island, Alaska. *Marine Mammal Science* 19(1):128-140.
- Dehn L.A., Sheffield G.G. y Follmann E. H. (2007). Feeding ecology of phocid seals and some walrus in the Alaskan and Canadian Arctic as determined by stomach contents and stable isotope analysis. *Polar Biology* 30:167-181.
- Díaz-Murillo, B.P. (2006). Catálogo de otolitos de peces de las costas adyacentes a Baja California Sur. Tesis de licenciatura: Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México. 167 p.
- Dunshea, G. (2009). DNA-based diet analysis for any predator. *PLoS ONE* 4(4):e5252.
- Elorriaga-Verplancken, F.R, Morales-Luna, L., Moreno-Sanchez, X. y Mendoza-Salas, I. (2013). Inferences on the diet of the eastern Pacific harbour seal (*Phoca vitulina richardsi*) at the southern end of its distribution: stable isotopes and scats analyses. *Aquatic Mammals* 39(4):415-421.
- Eguchi, T. y Harvey, J.T. (2005). Diving behavior of the Pacific harbor seal (*Phoca vitulina richardii*) in Monterey Bay, California. *Marine Mammal Science* 21(2):283-295.

- Fea, N., y Harcourt, R. (1997). Assessing the use of fecal and regurgitate analysis as a means of determining the diet of New Zealand fur seals. *Marine Mammal Research in the Southern Hemisphere* 1:143–150.
- Felix L., M. (2012). Historia de Conservación. Restauración y monitoreo de aves marinas en las islas de Asunción y San Roque, reserva de la biósfera de El Vizcaíno. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C.
- Disponible en: http://fmcn.org/wp-content/uploads/2012/02/Historia_anp_11.pdf
- Fernández M., E. M. (2012). Fenología de los nacimientos y de la muda de *Phoca vitulina richardsi* (Gray, 1864) en el Estero de Punta Banda, B.C., México. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, México. 94 p.
- Forsythe, J.W., Kangas, N. y Hanlon, R.T. (2004). Does the California market squid (*Loligo opalescens*) spawn naturally during the day or at night? A note on the successful use of ROVs to obtain basic fisheries biology data. *Fishery Bulletin* 102(2):389-392.
- Funes-Rodríguez, R., Cruz-Hernández, J., Jiménez-Rosenberg, S.P.A., Hinojosa-Medina A., Saldierna-Martínez R., Aceves-Medina G., González-Armas, R. y Silva-Segundo, C.A. (eds.) (2007). Atlas de distribución y abundancia de la merluza del Pacífico, *Merluccius productus* (Ayres), en la costa occidental de la Península de Baja California, 1951-2001. Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar del Instituto Politécnico Nacional. 98 p.
- Gallo R., J. P. y Auriol G., D. (1984). Distribución y estado actual de la población de la foca común (*Phoca vitulina richardsi* (Gray, 1864)), en la Península de Baja

California, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología UNAM* 55(2):323-332.

García-Rodríguez, F.J. (1999). Cambios espaciales y estacionales en la estructura trófica del lobo marino de California, *Zalophus caliornianus*, en la región de la grande islas, Golfo de California. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar del Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S, México. 73 p.

García-Rodríguez, F.J y Auriolos-Gamboa, D. (2004). Spatial and temporal variation in the diet of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, México. *Fishery Bulletin* 102(1):47-62.

García-Rodríguez, F.J. y De La Cruz-Agüero, J. (2011). A comparison of indexes for prey importance inferred from otoliths and cephalopod beaks recovered from pinniped scats. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 6(2):186-193.

Gaxiola-Castro, G. y Durazo, R. (eds.) (2010). Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007: Diez años de investigaciones de la Corriente de California. SEMARNAT-INE. Distrito Federal, México. 540 p.

Gibble, C. M. (2011). Food habits of harbor seals (*Phoca vitulina richardi*) in San Francisco Bay, Ca. Tesis de maestría. San José State University. San José, California. 61 p.

Gibble, C.M. y Harvey, J.T. (2015). Food habits of haror seals (*Phoca vitulina richardi*) as an indicator of invasive species in San Fransico Bay, California. *Marine Mammal Science* 31(3):1014-1034.

- Härkönen, T.J. (1987). Seasonal and regional variations in the feeding habits of the harbour seal, *Phoca vitulina*, in the Skagerrak and the Kattegat. *Journal of Zoology* 213:535–543.
- Harvey, J.T. (1987). Population dynamics, annual food consumption, movements, and dive behaviors of harbor seals, *Phoca vitulina richardsi*, in Oregon. Tesis de doctorado. Oregon State University, Oregon. 177 p.
- Harvey, J.T. (1988). Assessment of errors associated with harbor seal (*Phoca vitulina*) fecal sampling. *Journal of the Zoological Society of London* 219:101-111.
- Harvey, J.T. y Torok, M.L. (1994). Movements, dive behaviors, and food habits of harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) in San Francisco Bay, California. Final Report. Department of Water Resources, Moss Landing Marine Laboratories. 89 p.
- Hauksson, E. y Bogason, V. (1997). Comparative feeding of Grey (*Halichoerus grypus*) and Common Seals (*Phoca vitulina*) in coastal waters of Island, with a note on the diet of Hooded (*Cystophora cristata*) and Harp Seals (*Phoca groenlandica*). *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 22:125-135.
- Hauser, D.D.W., Allen, C.S., Rich, H.B., Quinn, T.P. (2008). Resident Harbor Seals (*Phoca vitulina*) in Iliamna Lake, Alaska: summer diet and partial consumption of adult sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Aquatic Mammals* 34(8): 303-309.
- Horn, M.H., Allen, L.G. y Lea, R.N. (2006). Biogeography. 3–25 p. En: L.G. Allen, D.J. Pondella II and M.H. Horn (eds.). The ecology of marine fishes: California and adjacent waters. University of California Press, Berkeley.

INEGI. (2010). El sector alimentario en México 2010. Serie estadísticas sectoriales.

Disponible

en:http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/SAM/2013/sam2013.pdf

Kramer, S.H. (1991). The shallow-water flatfishes of San Diego County. CalCOFI report, 32:128.

Krebs, C.J. (ed.) (1998). Ecological Methodology. 2da edición Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. California, E.U.A. 624 p.

Lance, M.M., Chang, W.Y., Jefferies, S.J., Pearson, S. y Acevedo-Gutiérrez, A. (2012). Harbor seal diet in northern Puget Sound: implications for the recovery of depressed fish stocks. *Marine Ecology Progress Series* 464:257-271.

Lance, M.M. y Jeffries, S.J. (2007). Temporal and spatial variability of harbor seal diet in the San Juan Island archipelago. Contract Report to SeaDoc Society Research Agreement No. K004431-25. Washington Department of Fish and Wildlife, Olympia WA. 21 p.

Lance, M.M., Orr, A.J., Riemer, S.D., Weise, M.J. y Laake, J.L. (eds.) (2001). Pinniped food habits and prey identification techniques protocol. Alaska Fisheries Science Center, NOAA. Alaska, E.U.A. 35 p.

Lara-Lara, J.R. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio.

Disponible

en:http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I04_Losecosistemascos.pdf

Le Boeuf, B.J. y Bonnell, M. (1980). Pinnipeds of the California Islands. Abundance and Distribution. The California Islands. 475-496 p. En: Power, D.M. (ed). The California Islands: Proceedings of a Multidisciplinary Symposium. Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barabara, California.

Ling, J. K. (1984). Epidermal cycles and moulting in marine mammals. *Acta Zoologica Fennica* 171:23-26.

London, J. M., Lance, M.M. y Jeffries, S.J. (2002) Observations of harbor seal predation on Hood Canal salmonids from 1998 to 2000. Seattle, WA: Final Report: Studies of expanding pinniped populations. National Oceanic and Atmospheric Administration. Seattle, E.U.A. 20 p.

Lowry, M.S. (ed.) (2011). Photographic catalog of California marine fish otoliths: prey of California sea lions (*Zalophus californianus*). National Oceanic and Atmospheric Administration, La Jolla, California, E.U.A. 250 p.

Lowry, M.S., Ollver, C.W. y Macky, C. (1990). Food habits of California Sea Lions *Zalophus californianus* at San Clemente Island, California, 1981-86. *Fishery Bulletin* 88:509-521.

Lowry, M.S., Stewart, B.S., Heath, C.B., Yochem, P.K. y Francos, J.M. (1991). Seasonal and annual variability in the diet of California Sea Lions *Zalophus californianus* at San Nicolas Island, California, 1981-1986. *Fishery Bulletin* 89(2):331-336.

- Loya S., D.H., Palacios, E. y González, S. (1992). Abundancia estacional de la foca de Bahía (*Phoca vitulina richardsi* Gray 1864) en el Estero de Punta Banda (B.C, México). *Ciencias Marinas* 18(3):57-70.
- Lubinsky J., D. (2010). Estado actual de la foca común del Pacífico Oriental (*Phoca vitulina richardsi*), en México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C, México. 128 p.
- Lunneryd, S.G. (2001). Fish preference by harbour seal (*Phoca vitulina*), with implications for the control of damage to fishing gear. *ICES Journal of Marine Science* 58:824-829.
- Luxa, K. y Acevedo-Gutiérrez, A. (2013). Food habits of harbor seal (*Phoca vitulina*) in two estuaries in the central Salish Sea. *Aquatic Mammals* 39(1):10-22.
- Maravilla-Chávez, M.O. y Lowry, M. (1996). Censos de pinnípedos en islas de la costa occidental de la península de Baja California, México (Julio/Agosto, 1992). *Ciencia Pesquera* 13:73-77.
- Mate, B.R. (1977). Aerial Censuring of pinnipeds in the Eastern Pacific for assessment of population numbers, migratory distributions, rookery stability, breeding effort and recruitment. Final report to U.S. Marine Mammal Commission, Washington D.C.
- Mo, G. y Gili, C. (2000). Do photoperiod and temperature influence the molt cycle of *Phoca vitulina* in captivity? *Marine Mammal Science* 16(3):570-577.
- NOAA (2014). Stock de *Phoca vitulina richardsi* de California. Disponible en: http://www.nmfs.noaa.gov/pr/sars/2013/po2013_harborseal-wainland.pdf

- Oxman, D.S. (1995). Seasonal abundance, movements, and food habits of harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) in Elkhorn Slough, California. Tesis de maestría. Faculty of California State University, Stanislaus and Moss Landing Marine Laboratories. Moss Landing, California. 129 p.
- Payne P.M. y Seizer L.A. (1989). The distribution, abundance and selected prey of the harbor seal, *Phoca vitulina concolor*, in southern New England. *Marine Mammal Science* 5(2):173-192.
- Phillips, E.M. y Harvey, J.T. (2009). A captive feeding study with Pacific harbor seal (*Phoca vitulina richardii*): Implications for scat analysis. *Marine Mammal Science* 25(2): 373-391.
- Pierce, G.J., Thompson, A.M., Diack, J.S.W. y Boyle, P.R. (1991). Seasonal variation in the diet of common seals (*Phoca vitulina*) in the Moray Firth area of Scotland. *Journal of Zoology* 223:641-652.
- Pinkas, L., Oliphant, M.S. y Iverson, I.L. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters United States: State of California, Department of Fish and Game. Vol.152. 105 p.
- Pitcher, K.W. (1980). Stomach contents and feces as indicators of harbor seal *Phoca vitulina*, foods in the gulf of Alaska. *Fishery Bulletin* 78(3):797-798.
- Rackowski, J.P. y Pikitch, E.K. (1989). Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Southwest) Pacific and speckled sanddabs. *United States. Fish and Wildlife. Services Biological Report. U.S. Army Corps of Engineers* 82:4-18.

- Reeves, R.R., Stewart, B.S., Clapham, P.S. y Powell, J.A. (2001). Guía de los Mamíferos Marinos del Mundo. National Audubon Society. Chanticleer Press, Nueva York. 528 p.
- Rodríguez-Romero, J., Palacios-Salgado, D.S., Hernández-Vázquez, S. y Ponche-Díaz, G. (2008). Composición taxonómica y relaciones zoogeográficas de los peces demersales de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 56(4):1765-1783.
- Rodríguez-Valencia, J.A., Caballero-Alegría, F., Uribe-Osorio, F. y Arano-Castañón, A. (2002). Abundancia y asociaciones de dos gasterópodos (*Astraea* y *Haliotis*) comercialmente importantes en Isla San Jerónimo, Baja California, México. *Ciencias Marinas* 28(1):49-66.
- Rosales-Casián, J.A. y González-Camacho, J.R. (2003). Abundance and Importance of Fish Species from the Artisanal Fishery on the Pacific Coast of Northern Baja California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*: Vol. 102: Iss. 2.
- Samaniego, H. A., Peralta, A. y Aguirre, A. (eds.) (2007). Vertebrados de las islas del Pacífico de Baja California. Guía de campo. Conservación de islas. Ensenada, México. 131 p.
- Stewart, B.S. y Yochem, P. (1994). Ecology of Harbor Seals in the Southern California Bight. The Fourth California Islands Symposium: Update on the Status of Resources. 123-134 p.

- Stutz, S.S. (1966). Moults and pelage patterns in the Pacific harbour seal *Phoca vitulina*. Tesis de maestría. The University of British Columbia. Vancouver, Canada. 74 p.
- Tapia-Harris, C. (2015). Cronología y secuencia de la muda de la foca común (*Phoca vitulina richardi*) en dos islas en la costa oeste de la península de Baja California, México. Tesis de maestría. Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, México. 65 p.
- Temte, J.L., Bigg, M.A. y Wigg, O. (1991) Clines revisited: The timing of pupping in the harbor seal (*Phoca vitulina*). *Journal of Zoology* 224:617-632.
- Thompson, P.M., Miller, D., Cooper, R. y Hammond, P.S. (1994). Changes in the distribution and activity of female harbour seals during the breeding season: implications for their lactation strategy and mating patterns. *Journal of Animal Ecology* 63:24-30.
- Thompson, P.M. y Rothery, P. (1989). Age and sex differences in the timing of moult in the common seal, *Phoca vitulina*. *Journal of Zoology* 212(4):597–603.
- Tollit, D.J., Black, A.D., Thompson, P.M., Mackay, A., Corpe, H.M., Wilson, B. y Van Parijs, S.M. (1998). Variations in harbour seal, *Phoca vitulina*, diet and dive depth in relation to foraging habitat. *Journal of Zoology* 244:209-222.
- Tollit, D.J., Greenstreet, S.P.R. y Thompson, P.M. (1997). Prey selection by harbor seals, *Phoca vitulina*, in relation to variations in prey abundance. *Canadian Journal of Zoology* 75:1508-1518.
- Trites, A.W. y Joy, R. (2005). Dietary analysis from fecal samples: how many scats are enough?. *Journal of Mammalogy* 86(4):704-712.

- Trumble, J. S. (1995). Abundance, movements, dive behavior, food habits, and mother-pup interactions of harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) near Monterey Bay, California. Tesis de maestría. School of Natural Science, California State University, Fresno, California. 100 p.
- Wilson, K., Lance, M., Jeffries, S. y Acevedo-Gutiérrez, A. (2014). Fine-scale variability in harbor seal foraging behavior. PLoS ONE 9(4):e92838.
- Womble, J.N. y Gende, S.M. (2013). Post-breeding season migrations of a top predator, the harbor seal (*Phoca vitulina richardii*), from a marine protected area in Alaska. PLoS ONE 8(2):e55386.

12. ANEXOS

ANEXO 1. Nombre común, familia y nivel trófico de las especies que caracterizaron la dieta de la foca en México.

Nombre Científico	Familia	Nombre común	Nivel trófico	Hábitat
<i>Artedius corallinus</i>	Cottidae	Charrasco coralino	3.7	Demersal
<i>Atherinops affinis</i>	Atherinopsidae	Pejerrey grujón	2.8	Pelágico
<i>Brosomphycis margNATa</i>	Bythitidae	Brótola roja	3.5	Demersal
<i>Ceratoscopelus townsendii</i>	Myctophidae	Linternilla	-	-
<i>Chilara taylori</i>	Ophidiidae	Congriperla moteada	4.1	Demersal
<i>Chromis punctipinis</i>	Pomacentridae	Castañeta herrera	2.7	Pelágico
<i>Citharichthys sordidus</i>	Paralichthyidae	Lenguado arenero	3.5	Demersal
<i>Citharichthys spp.</i>	Paralichthyidae	lenguado	3.5	Demersal
<i>Citharichthys stigmaeus</i>	Paralichthyidae	Lenguado pecoso	3.4	Demersal
<i>Cymatogaster aggregata</i>	Embiotocidae	Perca	3	Demersal
<i>Doriteuthis opalescens</i>	Loliginidae	Calamar de California	3.5	Pelágico
<i>Engraulis mordax</i>	Engraulidae	Anchoveta nortea	3.1	Pelágico
<i>Genyonemus lineatus</i>	Sciaenidae	Corvina blanca	3.4	Bentopelágico
<i>Glyptocephalus zachirus</i>	Pleuronectidae	Platija rey	3.3	Demersal
<i>Haemulon steindachneri</i>	Haemulidae	Ronco chere-chere	3.7	En arrecifes
<i>Hemanthias signifer</i>	Serranidae	Cabrilla doncella	3.7	Demersal
<i>Hippoglossina stomata</i>	Paralichthyidae	Lenguado bocón	4	Demersal
<i>Hyperprosopon anale</i>	Embiotocidae	Perca	3.3	Demersal
<i>Icelinus filamentosus</i>	Cottidae	Charrasco	3.5	Demersal
<i>Icelinus fimbriatus</i>	Cottidae	Charrasco	3.7	Demersal
<i>Icelinus tenuis</i>	Cottidae	charrasco aletimanchada	3.6	Demersal
<i>Lepidopsetta bilineata</i>	Pleuronectidae	Lenguado del pacífico	3.2	Demersal
<i>Leptocottus armatus</i>	Cottidae	Charrasco de astas	3.7	Demersal
<i>Lycodes cortezianus</i>	Zoarcidae	Bigfin eelpout	3.5	Batidemersal
<i>Lycodes spp.</i>	Zoarcidae	eelpout	3.5	Batidemersal
<i>Lyopsetta exilis</i>	Pleuronectidae	Platija flaca	3.5	Batidemersal
<i>Medialuna californiensis</i>	Myliobatidae	Chopa media luna	2.7	Demersal
<i>Merluccius productus</i>	Merlucciidae	Merluza del Pacífico	4.4	Pelágico
<i>Microstomus pacificus</i>	Pleuronectidae	Platija escurridiza	3.2	Demersal
<i>Octopus spp.</i>	octopodidae	Pulpo	3.5	Demersal
<i>Onychoteuthis borealisjaponica</i>	Onychoteuthidae	-	3.5	Pelágico
<i>Ophidion scrippsae</i>	Ophidiidae	Congriperla canastera	3.5	Demersal
<i>Orthonopias triacis</i>	Cottidae	Charrasco chato	.	Demersal

<i>Oxyjulis californica</i>	Labridae	Señorita	3.1	Demersal
<i>Oxylebius pictus</i>	Hexagrammidae	Molva pinta	3.4	Demersal
<i>Paralabrax nebulifer</i>	Serranidae	Cabrilla de arena	3.5	reef associated
<i>Paralabrax spp.</i>	Serranidae	Cabrilla	3.5	reef associated
<i>Paralichthys californicus</i>	Paralichthyidae	Lenguado de California	4.5	Demersal
<i>Peprillus semillimus</i>	Stromateidae	Palometa plateada	4	Bentopelágico
<i>Phanerodon furcatus</i>	Embiotocidae	Perca	3.4	Demersal
<i>Physiculus rastrelliger</i>	Moridae	Carbonera negra	3.4	Demersal
<i>Porichthys myriaster</i>	Batrachoididae	Sapo de aleta manchada	4.3	Demersal
<i>Porichthys notatus</i>	Batrachoididae	Sapo cabezón	4	Demersal
<i>Porichthys spp.</i>	Batrachoididae	Sapo	4.1	Demersal
<i>Prionotus stephanophrys</i>	Triglidae	Rubio volador	3.5	Demersal
<i>Radulinus asprellus</i>	Cottidae	Charrasco flaco	3.4	Demersal
<i>Scomberomorus sierra</i>	Scombridae	Sierra del golfo	4.5	Pelágico
<i>Sebastes spp.</i>	sebastidae	Rocotes	3.5	Demersal
<i>Sebastolobus alascanus</i>	sebastidae	Rocote alacrán	3.6	Demersal
<i>Seriphus politus</i>	Sciaenidae	Corvineta reina	3.7	Demersal
<i>abudeuduf troschelii</i>	Pomacentridae	petaca chopá	4.5	Pelágico
<i>Sphyræna argentea</i>	Sphyrænidae	Barracuta	3.4	Pelágico
<i>Symphurus atricauda</i>	Cynoglossidae	Lengua californiana	3.4	Demersal
<i>Synodus lucioceph</i>	Synodontidae	Lagarto lucio	4.5	Demersal
<i>Xeneretmus triacanthus</i>	Agonidae	Bandido manchas azules	3.2	Batidemersal
<i>Zaniolepis frenata</i>	Hexagrammidae	Cepillo espina corta	3.4	Demersal
<i>Zaniolepis latipinnis</i>	Hexagrammidae	Cepillo espina larga	3.1	Demersal
<i>Zaniolepis spp.</i>	Hexagrammidae	Pez cepillo	3.2	Demersal
<i>Pontinus sierra</i>	scorpaenidae	lapon manchado	3.5	Demersal

ANEXO 2. Índice de importancia (%IIMP) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las especies que caracterizaron el espectro trófico de la foca de puerto en Isla Todos Santos (ITS) durante las temporadas de crianza, muda y descanso (2014).

Especie	CRIANZA		MUDA		DESCANSO	
	FO (%)	IIMP (%)	FO (%)	IIMP (%)	FO (%)	IIMP (%)
<i>Sebastes</i> spp.	40.74	31.61	34.15	24.65	24.24	11.94
<i>Synodus lucioceps</i>	37.04	27.15	48.78	16.70	63.64	47.42
<i>Citharichthys sordidus</i>	14.81	4.22	21.95	9.96	9.09	4.95
<i>Loligo opalescens</i>	3.70	0.48	36.59	9.66	12.12	1.51
<i>Octopus</i> spp.	14.81	5.55	29.27	7.31	51.52	25.84
<i>Chilara taylora</i>	14.81	7.35	24.39	6.84	15.15	4.05
<i>Citharichthys stigmaeus</i>	11.11	6.51	19.51	6.02	6.06	0.46
<i>Microstomus pacificus</i>	0.00	0.00	14.63	4.35	0.00	0.00
<i>Engraulis mordax</i>	3.70	2.38	14.63	4.16	0.00	0.00
<i>Oxyjulis californica</i>	0.00	0.00	2.44	2.70	0.00	0.00
<i>Oxylebius pictus</i>	0.00	0.00	2.44	2.70	0.00	0.00
<i>Zaniolepis frenata</i>	3.70	0.21	4.88	1.07	3.03	0.27
<i>Glyptocephalus zachirus</i>	3.70	0.14	4.88	0.76	0.00	0.00
<i>Merluccius productus</i>	3.70	0.45	7.32	0.59	9.09	2.26
<i>Physiculus rastrelliger</i>	7.41	1.81	4.88	0.53	0.00	0.00
<i>Citharichthys</i> spp.	0.00	0.00	2.44	0.50	3.03	0.27
<i>Lepidopsetta bilineata</i>	7.41	0.12	2.44	0.39	0.00	0.00
<i>Porichthys notatus</i>	7.41	2.91	2.44	0.32	0.00	0.00
<i>Lyopsetta exilis</i>	3.70	1.59	4.88	0.31	0.00	0.00
<i>Radulinus asprellus</i>	0.00	0.00	2.44	0.21	0.00	0.00
<i>Orthonopias triacis</i>	0.00	0.00	2.44	0.08	0.00	0.00
<i>Hippoglossina stomata</i>	3.70	1.59	2.44	0.08	0.00	0.00
<i>Zaniolepis latipinnis</i>	0.00	0.00	2.44	0.06	0.00	0.00
<i>Symphurus atricauda</i>	0.00	0.00	2.44	0.06	0.00	0.00
<i>Artedius corallinus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03	0.26
<i>Cymatogaster aggregata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	6.06	0.23
<i>Icelinus tenuis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03	0.13
<i>Medialuna californiensis</i>	3.70	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Onychoteuthis borealijaponica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03	0.09
<i>Peprillus semillimus</i>	3.70	0.82	0.00	0.00	3.03	0.29
<i>Sebastolobus alascanus</i>	3.70	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00

ANEXO 3. Índice de importancia (%IIMP) y frecuencia de ocurrencia (%FO) de las especies que caracterizaron el espectro trófico de la foca de puerto en Isla San Jerónimo (ISJ) durante las temporadas de crianza y muda (2014).

Especie	CRIANZA		MUDA	
	FO (%)	IIMP (%)	FO (%)	IIMP (%)
<i>Doriteuthys opalescens</i>	3.03	0.05	44.26	26.16
<i>Synodus lucioceps</i>	15.15	6.25	29.51	18.32
<i>Sebastes</i> spp.	30.30	21.28	24.59	15.50
<i>Octopus</i> spp.	33.33	18.14	42.62	12.22
<i>Citharichthys stigmaeus</i>	21.21	8.15	24.59	6.88
<i>Citharichthys sordidus</i>	15.15	4.00	16.39	4.02
<i>Merluccius productus</i>	9.09	1.50	3.28	3.33
<i>Chilara taylori</i>	18.18	6.44	13.11	2.91
<i>Microstomus pacificus</i>	18.18	3.63	13.11	2.23
<i>Engraulis mordax</i>	0.00	0.00	3.28	1.90
<i>Lepidopsetta bilineata</i>	12.12	1.95	9.84	1.27
<i>Cymatogaster aggregata</i>	3.03	0.05	3.28	1.25
<i>Porichthys notatus</i>	15.15	2.95	6.56	0.98
<i>Lyopsetta exilis</i>	12.12	2.34	1.64	0.93
<i>Sphyræna argentea</i>	0.00	0.00	3.28	0.45
<i>Citharichthys</i> spp.	6.06	0.40	3.28	0.43
<i>Zaniolepis</i> spp.	0.00	0.00	3.28	0.26
<i>Peprillus semillimus</i>	0.00	0.00	1.64	0.25
<i>Porichthys myriaster</i>	9.09	1.56	3.28	0.16
<i>Seriphys politus</i>	0.00	0.00	1.64	0.12
<i>Zaniolepis frenata</i>	3.03	0.09	1.64	0.11
<i>Symphurus atricauda</i>	0.00	0.00	3.28	0.10
<i>Genyonemus lineatus</i>	6.06	5.65	1.64	0.08
<i>Oxyjulis californica</i>	0.00	0.00	1.64	0.08
<i>Zaniolepis latipinnis</i>	0.00	0.00	1.64	0.03
<i>Atherinops affinis</i>	0.00	0.00	3.28	0.03
<i>Hippoglossina stomata</i>	9.09	0.45	0.00	0.00
<i>Chromis punctipinnis</i>	3.03	3.23	0.00	0.00
<i>Icelinus tenuis</i>	6.06	3.25	0.00	0.00
<i>Ophidion scrippsae</i>	3.03	1.61	0.00	0.00
<i>Paralabrax</i> spp.	3.03	0.81	0.00	0.00
<i>Paralabrax nebulifer</i>	3.03	3.23	0.00	0.00
<i>Prionotus stephanophrys</i>	3.03	1.61	0.00	0.00
<i>Sebastolobus alascanus</i>	3.03	0.06	0.00	0.00
<i>Abudefduf troschelii</i>	3.03	1.29	0.00	0.00

ANEXO 4. Índice de importancia (IIMP) y frecuencia de ocurrencia (FO) de las especies que caracterizaron el espectro trófico de la foca de puerto en Isla Natividad (NAT) durante las temporadas de crianza y muda (2014).

Especie	CRIANZA		MUDA	
	FO (%)	IIMP (%)	FO (%)	IIMP (%)
<i>Citharichthys sordidus</i>	28.57	29.75	75.00	45.83
<i>Synodus lucioceps</i>	0.00	0.00	30.77	19.82
<i>Octopus</i> spp.	28.57	19.42	42.31	13.16
<i>Citharichthys stigmaeus</i>	42.86	21.43	32.69	6.53
<i>Chilara taylori</i>	28.57	5.50	38.46	3.12
<i>Ophidion scrippsae</i>	7.14	0.05	26.92	2.20
<i>Porichthys myriaster</i>	14.29	4.68	25.00	1.98
<i>Porichthys notatus</i>	7.14	0.13	23.08	1.07
<i>Citharichthys</i> spp.	7.14	0.42	11.54	0.96
<i>Sebastes</i> spp.	14.29	3.77	3.85	0.92
<i>Scomberomorus sierra</i>	0.00	0.00	1.92	0.91
<i>Glyptocephalus zachirus</i>	0.00	0.00	5.77	0.80
<i>Leptocottus armatus</i>	7.14	4.68	1.92	0.76
<i>Symphurus atricauda</i>	7.14	0.09	17.31	0.74
<i>Microstomus pacificus</i>	0.00	0.00	9.62	0.27
<i>Hippoglossina stomata</i>	14.29	0.16	9.62	0.24
<i>Oxyjulis californica</i>	0.00	0.00	1.92	0.19
<i>Hyperprosopon anale</i>	0.00	0.00	1.92	0.17
<i>Prionotus stephanophrys</i>	7.14	0.05	5.77	0.16
<i>Chromis punctipinis</i>	0.00	0.00	3.85	0.07
<i>Lepidopsetta bilineata</i>	0.00	0.00	3.85	0.04
<i>Brosmophycis marginata</i>	0.00	0.00	3.85	0.02
<i>Icelinus tenuis</i>	0.00	0.00	1.92	0.01
<i>Lyopsetta exilis</i>	0.00	0.00	1.92	0.01
<i>Seriphus politus</i>	0.00	0.00	1.92	0.01
<i>Paralichthys californicus</i>	7.14	0.65	0.00	0.00

ANEXO 5. Índice de importancia (IIMP) y frecuencia de ocurrencia (FO) de las especies que caracterizaron el espectro trófico de la foca de puerto en Isla San Roque (ISR) durante las temporadas de crianza, premuda, muda y descanso (2014).

Especie	CRIANZA		PREMUDA		MUDA		DESCANSO	
	%FO	IIMP	%FO	IIMP	%FO	IIMP	%FO	IIMP
<i>Citharichthys sordidus</i>	45.00	34.84	80.49	31.56	72.92	33.46	38.10	12.50
<i>Octopus</i> spp.	20.00	26.36	24.39	3.88	37.50	25.41	38.10	18.83
<i>Synodus lucioceps</i>	50.00	22.95	53.66	17.20	41.67	11.03	9.52	2.75
<i>Porichthys notatus</i>	10.00	0.79	53.66	7.24	37.50	5.11	61.90	24.26
<i>Sebastes</i> spp.	10.00	0.33	29.27	12.16	31.25	4.50	4.76	2.38
<i>Citharichthys stigmaeus</i>	20.00	4.64	60.98	12.05	37.50	4.48	0.00	0.00
<i>Chilara taylori</i>	20.00	1.48	34.15	3.15	43.75	4.14	33.33	10.81
<i>Ophidion scrippsae</i>	10.00	0.20	19.51	1.15	10.42	2.90	19.05	2.69
<i>Citharichthys</i> spp.	25.00	2.63	34.15	2.22	33.33	1.86	4.76	0.37
<i>Hippoglossina stomata</i>	25.00	3.35	48.78	2.96	25.00	1.72	4.76	0.68
<i>Symphurus atricauda</i>	0.00	0.00	17.07	0.58	10.42	1.32	0.00	0.00
<i>Merluccius productus</i>	5.00	1.45	7.32	0.56	14.58	1.29	0.00	0.00
<i>Porichthys myriaster</i>	5.00	0.06	21.95	1.71	16.67	1.09	14.29	7.18
<i>Zaniolepis</i> spp.	5.00	0.02	4.88	0.11	8.33	0.86	0.00	0.00
<i>Lycodes cortezianus</i>	0.00	0.00	4.88	0.20	2.08	0.42	0.00	0.00
<i>Microstomus pacificus</i>	5.00	0.17	9.76	1.35	12.50	0.29	4.76	4.76
<i>Lycodes</i> spp.	0.00	0.00	2.44	0.02	2.08	0.05	0.00	0.00
<i>Prionotus stephanophrys</i>	5.00	0.09	7.32	0.19	2.08	0.04	9.52	2.61
<i>Paralabrax</i> spp.	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	0.02	0.00	0.00
<i>Ceratoscopelus townsendii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	0.01	0.00	0.00
<i>Peprillus semillimus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	0.01	0.00	0.00
<i>Engraulis mordax</i>	0.00	0.00	2.44	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Zaniolepis frenata</i>	15.00	0.27	2.44	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Lepidopsetta bilineata</i>	5.00	0.02	4.88	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Zaniolepis latipinnis</i>	5.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cymatogaster aggregata</i>	0.00	0.00	2.44	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Genyonemus lineatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.76	2.38
<i>Haemulon steindachneri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.76	2.38
<i>Hemanthias signifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.76	0.25

<i>Icelinus fimbriatus</i>	5.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	4.76	2.38
<i>Icelinus tenuis</i>	5.00	0.23	2.44	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Leptocottus armatus</i>	0.00	0.00	2.44	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Paralichthys californica</i>	0.00	0.00	9.76	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Porichthys</i> spp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.52	2.78
<i>Xeneretmus triacanthus</i>	0.00	0.00	2.44	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00