

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA



Hábitos Alimentarios de la foca de puerto, *Phoca vitulina richardsi*, en la Bahía Todos Santos, Baja California, México

Tesis

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

RICARDO ALAMÁN DE REGULES

Ensenada, Baja California, México
2014

HABITOS ALIMENTARIOS DE LA FOCA DE PUERTO (*Phoca vitulina richardsi*), EN LA BAHÍA TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA MÉXICO.

TESIS

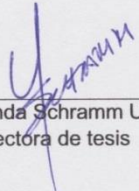
que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS


Presenta:

RICARDO ALAMÁN DE REGULES

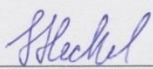
Aprobada por:




Dra. Yolanda Schramm Urrutia
Directora de tesis



Dra. Cira Gabriela Montaña Moctezuma
Sinodal



Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Sinodal



Dr. David Auriolos Gamboa
Sinodal

Octubre 2014

A mi hermana Andrea
Por ser un pilar importante en mi vida.

A mis papás
Por apoyarme y creer en mí.

A mi grandma
Por ser uno de mis ejemplos a seguir.

A mis amigas
Gaby, Chayo, Sonia, Nat e Itzi
Por estar presentes en mi vida sin importar lo que pase.

Resumen

La foca de puerto (*Phoca vitulina*) es el pinnípedo con la mayor distribución mundial. Se localiza en el hemisferio norte tanto en el océano Atlántico como el Pacífico. Cuenta con 5 subespecies, de las cuales *P. v. richardsi* presenta la distribución más amplia latitudinalmente, por lo tanto la ubicación más sureña de la especie. Se encuentra desde Alaska hasta la isla Asunción en Baja California Sur (B.C.S.). Debido a su distribución explota una gran variedad de ambientes, lo que brinda una amplia gama de presas consumibles por la especie. En la Bahía Todos Santos, Baja California (B.C.), se encuentran dos sitios de descanso separados aproximadamente por 16 km (Estero de Punta Banda, EPB, e Isla Todos Santos, ITS). Con la finalidad de generar información sobre los hábitos alimentarios de *P. v. richardsi*, e identificar las posibles diferencias en la dieta entre ambas localidades, se identificaron estructuras duras (otolitos Sagittae y picos de cefalópodos) recuperados de 233 excretas durante la época de muda (mayo y junio) del 2013. Se encontró que las presas consumidas son principalmente bentónicas, con un total de 19 peces óseos y 2 especies de cefalópodos, que se distribuyen, en su mayoría, en ambientes de arena dentro del EPB y en zonas rocosas para la ITS. En particular, la dieta de la foca de puerto en el EPB durante mayo se basó en cefalópodos, con 30% de preferencia hacia el pulpo anillado (*Octopus bimaculatus*) y 13% al calamar californiano (*Loligo opalescens*). En junio el consumo de lagarto lucio (*Synodus lucioceps*) ubicó a esta presa como la más importante con 46% de ocurrencia. En el caso de la ITS, las especies más consumidas durante mayo fueron de rocote (*Sebastes* spp.) con 38% de ocurrencia, disminuyendo para junio al 30%, seguido de *Synodus lucioceps* con 22% y *Loligo opalescens* con 21%. A pesar de la presencia de cefalópodos en la dieta, el alto consumo de peces en ambos sitios catalogó a la foca de puerto como una especie principalmente ictiófaga. De todas las presas que se encontraron a lo largo del estudio, la especie que mostró mayor importancia para ambos sitios de descanso y para ambos meses fue *S. lucioceps* (>10). De acuerdo al porcentaje de ingesta y variedad en las presas consumidas se hallaron diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$) entre los dos sitios de estudio, tanto en mayo como en junio. La foca de puerto en esta región se consideró especialista, con un valor

promedio de amplitud trófica de 0.27. Dentro de la cadena trófica, se clasificó como un depredador tope, con un valor de nivel trófico igual a 4.61, similar a otros mamíferos marinos. Se ha reportado que *P. vitulina* puede alimentarse en un radio máximo de 30 km de su sitio de descanso; sin embargo, las notables diferencias en el espectro trófico entre EPB e ITS sugieren que las zonas de alimentación de las focas en la Bahía Todos Santos podrían estar separadas a pesar de su cercanía.

Palabras clave: Foca de puerto, *Phoca vitulina richardsi*, hábitos alimentarios, Bahía Todos Santos, México.

Abstract

Feeding habits of the harbor seal, *Phoca vitulina richardsi*, in Todos Santos Bay, Baja California, México.

The harbor seal (*Phoca vitulina*) is the pinniped with the widest global distribution. It can be found throughout the northern hemisphere, both in the Atlantic and Pacific Oceans. It is divided into 5 subspecies, of which *P. v. richardsi* has the broadest latitudinal distribution, therefore the southernmost position. It is located from Alaska to Asunción Island in Baja California Sur, Mexico. Due to its distribution, this seal uses several environments which bring a variety of possible prey for the species. In Todos Santos Bay, Baja California, there are two haul-out sites separated by 16 km (Estero de Punta Banda, EPB, and Isla Todos Santos, ITS). To get information on the feeding habits of *P. v. richardsi* in the area, and find possible differences between haul-out sites, during the molting season (May and June) of 2013, hard structures (sagittal otoliths and cephalopod beaks) were identified from 233 fecal samples. The consumed prey were mainly benthic, with a total of 19 fish and 2 cephalopod species, whose main habitats are sandy bottoms, in the EPB, and rocky bottoms, in ITS. In particular, the feeding habits of the harbor seal in EPB during May were based on cephalopods, with a 30% preference for the California two-spot octopus (*Octopus bimaculatus*) and 13% on market squid (*Loligo opalescens*). For June, the ingestion of California lizardfish (*Synodus lucioceps*) ranked as the most important prey with 46% of occurrence. For ITS the most important species during May were rockfish (*Sebastes* spp.) with 38% frequency, which diminished in June to 30%, followed by *Synodus lucioceps* with 22% and *Loligo opalescens* with 21%. Although fish and cephalopods were the main prey, the harbor seal was classified fundamentally as an ichthyophagous predator. Of all the prey found during the study, the most important species for both sites and months was *S. lucioceps* (>10). According to the percentage and variety of consumed prey there was a significant ($\alpha < 0.05$) statistical difference between sites, both in May and June. For this region the harbor seal was considered as a specialist, with a trophic amplitude average value of 0.27. According to the trophic level, similar to other marine mammals with a 4.61 value, the harbor seal was classified as a top predator. It has been

reported that *P. vitulina* can feed within a maximum distance of 30 km from its haul-out site. However, the remarkable differences in the trophic spectrum between EPB and ITS suggest that the harbor seals' feeding areas in Todos Santos Bay could be separated despite their proximity.

Key words: Harbor seal, *Phoca vitulina richardsi*, feeding habits, Todos Santos Bay, México

Agradecimientos

Al CONACyT por el apoyo económico que me brindó, el cual permitió que llevara a cabo mis estudios de maestría.

A la UABC, mi alma mater, que durante todos estos años ha sido un orgullo y privilegio estudiar en sus aulas. Por permitir realizarme como persona, pero principalmente como Oceanólogo. Por haber contribuido enormemente a realizar uno de mis mayores proyectos y sueños en la vida: estudiar el océano.

A la FCM y al IIO, a todos los maestros que contribuyeron a mi formación y que me mostraron la pasión y dedicación que se necesita para estudiar uno de los misterios más grandes y fascinantes de la naturaleza.

A ICMME y todos sus integrantes por su apoyo en el traslado hacia y la colecta de muestras del Estero de Punta Banda todos los sábados.

A mi comité de tesis por sus comentarios, correcciones y observaciones tanto de las presentaciones como el escrito, durante el proceso de la construcción de este trabajo.

A la Dra. Gisela Heckel por sus observaciones minuciosas, apoyo en la traducción del abstract, viajes y colecta de muestras en el Estero. Por todas las vivencias en las islas, captura de focas, por todo el ánimo brindado en la presentación de mi tesis en el congreso de la SOMEMMA, por haberme dado la oportunidad de trabajar en un proyecto con mamíferos marinos, pero más que nada por su amistad durante estos años.

A la Dra. Gabriela Montañón por formar parte de mi comité y el tiempo dedicado a este trabajo, por su apoyo en la interpretación de las pruebas estadísticas y contribución con el conocimiento de redes tróficas e interacciones de las especies del submareal.

Al Dr. David Auriol por sus comentarios y el tiempo dedicado, por todo el conocimiento compartido de la ecología trófica de los pinnípedos, por la invitación a realizar una estancia en La Paz y el ofrecerme el curso que permitió de manera trascendental construir esta tesis.

A la M. en C. Susana Tobar por impartir el curso de Ecología Trófica de Pinnípedos, por compartir de manera tan padre la pasión por estos mamíferos marinos, por toda la información y apoyo brindado durante este tiempo. Susie muchas gracias por tu amistad y yo sé que algún día trabajaremos juntos en un proyecto con estos animales maravillosos.

Al Arquitecto Jaime Villalba por el apoyo económico que me permitió realizar la estancia en La Paz.

A Sebastián del Valle por darme asilo en su casa y ser un excelente guía de turistas. Sebas quién diría que después de tantos años nos volveríamos a ver y ahora tan lejos de Morelia, en verdad que estuvo muy padre volver a verte después de la prepa y estoy muy agradecido por tu hospitalidad.

A Mark Lowry por la gran oportunidad de trabajar a su lado y la paciencia de corroborar la identificación de los picos y otolitos.

Al Southwest Fisheries Science Center por permitirme trabajar en sus instalaciones.

A todos los voluntarios que me ayudaron a coleccionar las muestras tanto en la isla como en el estero: Alex, Violeta, Raquel, Daniela, Eva, Casandra, Bertha, Guadalupe, Alan, Denise, Orión, Pamela, Mariana y Alejandra.

Al Oc. Norberto Castro por los viajes en panga y paciencia para llegar y desembarcar en las playas de colecta de la isla.

A Casandra Delgadillo y Norma Robles por su ayuda en el tamizado. En verdad estoy enormemente agradecido con ustedes por quitarse el asco y aventarse conmigo esta chamba, hicieron que el trabajo fuera mucho más rápido y divertido, me encantó conocerlas.

A mi roomie Lore, gracias por la convivencia durante este último año, por tu amistad y todos los momentos tan padres que vivimos juntos.

Principalmente a la persona por la cual estudié esta maestría:

A la Dra. Yolanda Schramm. Yoli muchas gracias por esta enorme oportunidad, por ser mi directora y confiar en mí. Por haberme jalado de las orejas cuando dudé de meterme al posgrado. Porque a pesar de estar ocupada siempre tuviste tiempo para mí. Por el apoyo personal y académico que me diste. Por brindarme la INCREIBLE experiencia de trabajar en las islas con las focas y los lobos. En verdad muchas gracias por TODO.

Índice

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 4 |
| Abstract..... | 6 |
| Agradecimientos..... | 8 |
| Lista de figuras..... | 12 |
| Lista de tablas..... | 14 |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 16 |
| 1.1. Características de la especie..... | 17 |
| 1.2. Distribución..... | 17 |
| 2. ANTECEDENTES..... | 18 |
| 2.1. Ecología..... | 18 |
| 2.2. Comportamiento alimentario..... | 19 |
| 2.2.1. Zonas de alimentación..... | 20 |
| 2.2.2. Presas de la foca de puerto..... | 21 |
| 2.2.2.1. Cefalópodos..... | 23 |
| 2.2.2.2. Peces..... | 24 |
| 2.3. Análisis de heces..... | 26 |
| 3. JUSTIFICACIÓN..... | 27 |
| 4. HIPÓTESIS..... | 27 |
| 5. OBJETIVOS..... | 28 |
| 6. ÁREA DE ESTUDIO..... | 28 |
| 6.1. Bahía Todos Santos..... | 28 |
| 6.2. Isla Todos Santos..... | 30 |
| 6.3. Estero de Punta Banda..... | 31 |
| 7. MÉTODO..... | 33 |
| 7.1. Esfuerzo de campo/Colecta de muestras..... | 33 |
| 7.2. Ecología trófica..... | 34 |
| 8. RESULTADOS..... | 37 |
| 8.1. Esfuerzo de campo/Colecta de muestras..... | 37 |
| 8.2. Presas consumidas..... | 41 |
| 8.3. Frecuencia de ocurrencia..... | 42 |
| 8.4. Índice de importancia..... | 45 |

| | |
|--|----|
| 8.5. Ecología trófica..... | 50 |
| 8.6. Amplitud trófica..... | 51 |
| 8.7. Ambientes explotados..... | 51 |
| 8.8. Nivel trófico..... | 54 |
| 9. DISCUSIÓN..... | 55 |
| 9.1. Esfuerzo de campo..... | 55 |
| 9.2. Presas consumidas..... | 58 |
| 9.3. Frecuencia de ocurrencia e Índice de importancia..... | 60 |
| 9.4. Ecología trófica..... | 64 |
| 9.5. Ambientes explotados..... | 65 |
| 9.6. Amplitud trófica y Nivel trófico..... | 67 |
| 10. CONCLUSIONES..... | 71 |
| 11. LITERATURA CITADA..... | 72 |
| 12. ANEXO..... | 78 |

Lista de figuras

- Figura 1.** Bahía Todos Santos con los dos sitios de descanso de *P. v. richardsi*, Isla Todos Santos y el Estero de Punta Banda, separados entre sí por 16 km.....29
- Figura 2** Mapa de las Islas Todos Santos Norte y Todos Santos Sur con los dos sitios de muestreo, playa expuesta del lado izquierdo y playa protegida del lado derecho.....30
- Figura 3.** Sitio de descanso en la Isla Todos Santos Sur, caracterizado por presentar cantos rodados y rocas. (Foto: Ricardo Alamán de Regules).....31
- Figura 4.** Mapa de la barra arenosa del Estero de Punta Banda marcado con el sitio de muestreo.....32
- Figura 5.** Sitio de descanso en el Estero de Punta Banda, caracterizado por ser una playa de arena. (Foto: Ricardo Alamán de Regules).....32
- Figura 6.** Frecuencia acumulativa de especies para determinar el tamaño mínimo de muestra en cada sitio de estudio (Esteros de Punta Banda, EPB; Isla Todos Santos, ITS) y para cada mes, en función de las estructuras duras encontradas en las excretas.....39
- Figura 7.** Abundancia relativa de peces y cefalópodos en la dieta de la foca de puerto con base en el número de estructuras recuperadas para los sitios (Esteros de Punta Banda, EPB; Isla Todos Santos, ITS) y meses de muestreo.....42
- Figura 8.** Número de excretas de mayo en que aparecieron las distintas presas de la foca de puerto, en el Estero de Punta Banda.....44
- Figura 9.** Número de excretas de junio en que aparecieron las distintas presas de la foca de puerto en el Estero de Punta Banda44
- Figura 10.** Número de excretas de mayo en que aparecieron las distintas presas de la foca de puerto, dentro de la Isla Todos Santos45

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figura 11. | Número de excretas de junio en que aparecieron las distintas presas de la foca de puerto, dentro de la Isla Todos Santos | 45 |
| Figura 12. | Porcentaje de importancia de especies dentro de la dieta de la foca de puerto durante el mes de mayo para el Estero de Punta Banda | 46 |
| Figura 13. | Porcentaje de importancia de especies dentro de la dieta de la foca de puerto durante el mes de junio para el Estero de Punta Banda..... | 47 |
| Figura 14. | Porcentaje de importancia de especies dentro de la dieta de la foca de puerto durante el mes de mayo para la Isla Todos Santos..... | 47 |
| Figura 15. | Porcentaje de importancia de especies dentro de la dieta de la foca de puerto durante el mes de junio para la Isla Todos Santos..... | 48 |
| Figura 16. | Diagrama MDS que indica la disimilitud (diferencia) que existe entre las presas del EPB (triángulos verdes) y las de la ITS (triángulos azules) durante el mes de mayo ($R = 0.25$; $p < 0.05$; ANOSIM). Cada punto corresponde a una muestra (excreta) en la localidad | 50 |
| Figura 17. | Diagrama MDS que indica la disimilitud (diferencia) que existe entre las presas del EPB (triángulos verdes) y las de la ITS (triángulos azules) durante el mes de junio ($R = 0.23$; $p < 0.05$; ANOSIM). Cada punto corresponde a una muestra (excreta) en la localidad..... | 51 |
| Figura 18. | Porcentaje de los ambientes explotados de acuerdo a la distribución de las presas consumidas por la foca de puerto durante mayo en a) el Estero de Punta Banda, EPB y b) la Isla Todos Santos, ITS..... | 52 |

- Figura 19.** Porcentajes de los ambientes explotados de acuerdo a la distribución de las presas consumidas por la foca de puerto durante junio en a) el Estero de Punta Banda, EPB y b) la Isla Todos Santos, ITS.....54
- Figura 20.** Gráfica que muestra el nivel trófico de diversos grupos de organismos marinos, en el cual los productores primarios se encuentran en la base, con un valor de 1 y los depredadores tope con valores superiores a 4 (Modificado de Pauly, 2005).....70

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla I: Número de muestras colectadas en ambos sitios de estudio dentro de la Bahía Todos Santos..... | 37 |
| Tabla II: Fecha de colecta de heces para cada sitio de estudio..... | 38 |
| Tabla III: Número de muestras tamizadas, estructuras duras obtenidas y el número de especies identificadas para el Estero de Punta Banda | 40 |
| Tabla IV: Número de muestras tamizadas, estructuras duras obtenidas y el número de especies identificadas para la Isla Todos Santos | 41 |
| Tabla V: Principales especies consumidas por la foca de puerto durante los meses de mayo y junio, dentro de los dos sitios de descanso..... | 48 |
| Tabla VI: Listado de especies presa de la foca de puerto dentro de la BTS, en ambos sitios de estudio y para cada mes. Las cruces (x) muestran la presencia de la especie en cada zona, en donde E= EPB, I= ITS, N= Ninguna y A= Ambos. | 49 |
| Tabla VII: Valores de la amplitud trófica (AT) en la alimentación de la foca de puerto durante cada mes y sitio de muestreo (Estero de Punta Banda, EPB; Isla Todos Santos, ITS)..... | 51 |
| Tabla VIII: Nivel trófico (NT) de la foca de puerto en función de las presas consumidas durante los meses de mayo y junio dentro del EPB y la ITS..... | 55 |

1. Introducción

Los pinnípedos son un grupo de mamíferos marinos semi-acuáticos que pertenecen al orden Carnívora, cuya principal característica son las extremidades en forma de aletas (Reeves *et al.*, 2002; Berta *et al.*, 2006). Este suborden comprende a tres familias: las morsas (Odobenidae), los lobos marinos y lobos finos (Otariidae) y a las focas (Phocidae), con un total de 34 especies representantes (Berta *et al.*, 2006).

Dentro de la familia Odobenidae solamente *Odobenus rosmarus* (morsa) existe en la actualidad. Esta especie se caracteriza por poseer colmillos de gran tamaño; se distribuye en aguas polares a lo largo del hemisferio norte, en el Océano Ártico, Mar de Bering y el norte del Océano Atlántico (Reeves *et al.*, 2002).

Por su parte los otáridos, con 14 especies, se distinguen de las otras familias por poseer orejas visibles y por caminar con mayor facilidad en tierra (Reeves *et al.*, 2002). Los fócidos, con 19 representantes, carecen de pabellón auditivo, se distribuyen en aguas tanto polares como templadas (Reeves *et al.*, 2002; Berta *et al.*, 2006) y se dividen, de acuerdo a su evolución, en dos subfamilias: Monachinae y Phocinae (Deméré *et al.*, 2003).

En las costas de México se distribuyen cuatro especies de este suborden. Dentro de la familia Otariidae se observan al lobo marino de California (*Zalophus californianus*) y al lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*), por su parte, de la familia Phocidae se encuentran el elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) y la subespecie de foca de puerto (*Phoca vitulina richardsi*).

Entre los cuatro pinnípedos que residen en las costas mexicanas, en la zona del Pacífico norte en Baja California, la *Phoca vitulina richardsi*, conocida como foca de puerto o foca común del Pacífico oriental (Gallo y Aurioles 1984; Maravilla-Chávez y Lowry, 1992) posee una población estimada de 6,460 individuos, en 9 de las islas del Pacífico (Lubinsky-Jinich, 2010). Esta zona representa la distribución más sureña de la especie a lo largo de ambos océanos en los que habita (Reeves *et al.*, 2002).

1.1. Características de la especie

La foca de puerto se caracteriza principalmente por el pelaje moteado, el cual puede variar de fondo claro con manchas oscuras a pelaje oscuro con manchas o anillos claros, siendo el segundo caso el más frecuente para la zona (Reeves *et al.*, 2002). La pigmentación del pelaje característico es gris-amarillo con motas de color pardo-negro dorsal y pardo claro ventral (Gallo y Auriolés, 1984; Perrin *et al.*, 2002). Presenta un cuerpo fusiforme, con cabeza robusta, hocico ancho y aletas cortas. No se observa un dimorfismo sexual evidente (Bigg, 1981), no obstante los machos son relativamente más grandes, llegando a pesar hasta 170 kg y medir 190 cm, comparado con las hembras que pesan 130 kg y miden 170 cm (Reeves *et al.*, 2002).

1.2. Distribución

Esta especie se distribuye a lo largo del hemisferio norte, tanto en el Océano Pacífico como el Océano Atlántico, dividiéndose en 5 subespecies (Perrin *et al.*, 2002; Reeves *et al.*, 2002). Dicha clasificación se basa en una distribución alopátrica, debido a que la reproducción no es posible dada una separación geográfica limitante (Deméré *et al.*, 2003). Las áreas en las que se localizan estas subespecies son: *P. v. stejnegeri* se encuentra en el Pacífico oeste, entre las costas de Japón y las islas Commander. *P. v. vitulina* en el Atlántico dentro del mar Báltico y entre la región del este de las islas inglesas hasta el sur de Portugal. *P. v. concolor* en el Atlántico oeste en las costas de Canadá, Groenlandia y como límite sureño Nueva Jersey. *P. v. mellonae* se localiza en ríos y lagos de agua dulce de Canadá, es una de las pocas especies de pinnípedos que habitan ambientes dulceacuícolas (Reeves *et al.*, 2002). Finalmente *P. v. richardsi* se localiza desde las Islas Aleutianas, a lo largo del Golfo de Alaska, llegando como límite sur a las costas de Baja California (Reeves *et al.*, 2002). Específicamente para el territorio mexicano esta subespecie se concentra en las islas Coronados, Todos Santos, San Martín, San Jerónimo, San Benito, Cedros, Natividad, San Roque y Asunción, así como en la costa occidental de la Península, desde la Bahía Todos Santos en B.C. hasta la Bahía Asunción en B.C.S. (Padilla-Villavicencio, 1990; Lubinsky-Jinich, 2010).

2. Antecedentes

2.1. Ecología

La foca de puerto se considera una especie altamente filopátrica debido a que los individuos presentan un alto grado de fidelidad al sitio en el que nacieron, permanecen en él y llevan a cabo su ciclo de vida en el mismo (Härkönen y Harding, 2001). Muestran una fidelidad de hasta el 100% de los casos observados, utilizando entre uno y dos sitios de descanso dentro de la misma área (Stewart y Yochem, 1994; Suryan y Harvey, 1998). Se ha observado que limitan su radio de dispersión a 30 km de la zona de descanso, presentando movimiento únicamente para alimentarse (Harvey, 1987; Tollit *et al.*, 1998; Härkönen y Harding, 2001). Esto fomenta un gran traslape en las zonas de alimentación de los organismos que comparten áreas de descanso, pero evita el compartir presas con otras colonias que se agrupan en regiones distantes, es decir, a distancias mayores a su radio de dispersión (Tollit *et al.*, 1998). No obstante, se ha encontrado que este fenómeno varía con la edad y el sexo, aumentando el grado de fidelidad con la edad para las hembras y disminuyendo para los machos (Härkönen y Harding, 2001).

La subespecie *Phoca vitulina richardsi*, al igual que el resto de los pinnípedos, es considerada semi-acuática, ya que a pesar de obtener su alimento de ecosistemas marinos realiza una gran variedad de actividades fundamentales en tierra y en hielo (Montgomery *et al.*, 2007). El descanso es principalmente el motivo por el cual abandonan el agua durante las diferentes estaciones del año; sin embargo, en periodos específicos se congregan en las costas para parir, alimentar crías y mudar el pelaje (Bigg, 1981; Montgomery *et al.*, 2007).

Se ha encontrado que las épocas de reproducción, cría y muda son específicas para cada una de las zonas en las que se distribuye la especie, variando de acuerdo a la latitud (Stewart y Yochem, 1994). En el caso de las costas mexicanas, Fernández-Martín (2012) reportó el inicio de la época reproductiva a finales de enero, con un máximo de crías a mediados de abril y el inicio de la muda a principios de marzo, con un máximo de organismos a mediados de mayo para el caso del Estero de Punta Banda (EPB).

Varios autores han descrito que la mejor época de conteo y estudio de la especie es durante el traslape de la temporada reproductiva y el periodo de muda, debido a la presencia de adultos, tanto de machos como de hembras, así como juveniles y crías; lo cual representa la mayor abundancia anual en tierra (Stewart y Yochem, 1994; Bonnes *et al.*, 2006). Para las costas de Baja California esto ocurre durante la primavera (Lubinsky-Jinich, 2010), periodo en el cual la foca de puerto elige sitios de descanso alejados de la perturbación humana y con fácil acceso al mar para las crías nacidas en invierno (Arias-del-Razo, 2011).

Las zonas de descanso, cría y muda son seleccionadas con base en diferentes parámetros, entre los cuales se han detectado preferencias por zonas intermareales rocosas, con acceso a sitios de gran profundidad y cercanía al alimento (Montgomery *et al.*, 2007). Por otro lado, existe una tendencia por descansar en sitios protegidos de depredadores, del oleaje y distantes de perturbación humana (Harvey, 1988; Montgomery *et al.*, 2007; Arias-del-Razo, 2011). En el caso de las costas mexicanas, Arias-del-Razo (2011) encontró preferencia por playas de canto rodado y de arena, protegidas de oleaje intenso en la época reproductiva; mientras que durante la temporada no reproductiva tienen predilección por plataformas rocosas, playas de canto rodado y de arena, con batimetría somera, tanto expuestas como protegidas del oleaje.

2.2. Comportamiento alimentario

Al ser la *Phoca vitulina* el fócido con la mayor distribución a nivel mundial (Perrin *et al.*, 2002; Reeves *et al.*, 2002) presenta una dieta muy variada, con preferencia hacia organismos que muestren la mayor disponibilidad, abundancia y facilidad de captura para el sitio y la estación del año (Perrin *et al.*, 2002). Realizan inmersiones de hasta 450 metros para obtener su alimento (Reeves *et al.*, 2002; Eguchi y Harvey, 2005), por lo cual se observan peces tanto bentónicos, demersales y pelágicos, así como pulpos, calamares y otros invertebrados dentro de su dieta (Perrin *et al.*, 2002; Reeves *et al.*, 2002). No obstante, muestran predilección por animales costeros bentónicos y en regiones someras, con profundidades entre 10 y 30 m (Harvey *et al.*, 1995;

Reeves *et al.*, 2002; Eguchi y Harvey, 2005), e incluso Harvey (1987) menciona la tendencia por el consumo de especies de lento movimiento.

Son considerados depredadores oportunistas debido a la variedad de especies que consumen (Riemer y Mikus, 2006), sin embargo, los estudios de hábitos alimentarios reflejan que solamente entre 3 y 5 especies presentes son aprovechadas en mayor frecuencia; las cuales representan el 90% de la dieta de cada colonia (Eguchi y Harvey, 2005).

2.2.1. Zonas de alimentación

El radio de dispersión alrededor de la colonia para la alimentación depende de cada organismo y del sitio; por un lado estudios en las costas de Escocia (Tollit *et al.*, 1998) muestran que la foca de puerto se alimenta dentro de un radio de 30 km, lo cual puede favorecer el número de sitios de pesca y aumentar la variabilidad de presas (Harkonen y Harding, 2001). Así mismo, se ha observado que los movimientos para alimentación en colonias de las Islas del Canal en California, Estados Unidos de América (EUA), son en promedio de 18 y 20 km, lo cual fomenta un traslape entre focas de la misma colonia, pero evita el compartir presas con organismos más lejanos (Stewart y Yochem, 1994). Por otro lado, en las costas de Washington se estudió a una colonia cuyos organismos mostraron una dispersión de no más de 5.6 km y con mayor frecuencia a los 2 km (Suryan y Harvey, 1998); también Harvey (1987) encontró en Oregon que los individuos marcados se distribuyeron dentro de un radio menor a 8 km, e inclusive indica que varios individuos nunca se encontraron fuera del estuario en el que fueron capturados.

Tollit y colaboradores (1998) reportaron que para las costas de Escocia la mayor parte de las inmersiones y depredación se realizan en fondos rocosos y arenosos, en los cuales se encuentran sus presas preferidas. Así mismo describieron una predilección diferente de sitios frecuentes de pesca en función de la temporada y la variación de los peces e invertebrados en la región (Tollit *et al.*, 1998).

Por otro lado, Payne y Selzer (1989) reportaron diferencias en las especies consumidas por colonias de focas cercanas a zonas arenosas y las

colonias en islas próximas a regiones de fondo rocoso, e indicaron que en el caso de las regiones con sustrato rocoso la dieta de las focas fue mucho más variada.

Así mismo Harvey (1987) menciona que *P. vitulina* es uno de los pocos depredadores de gran tamaño que se alimentan de peces juveniles dentro de estuarios, lo cual atribuye a una menor competencia y mayor abundancia de presas para estos organismos. También indica que a comparación de otros pinnípedos como el lobo marino de California *Zalophus californianus* las focas de puerto se alimentan de peces de menores tallas, las cuales en promedio se encuentran entre 13 y 15 cm. Sin embargo, cabe resaltar que dicho autor describe una mayor predilección por invertebrados dentro de estos cuerpos costeros someros.

Los trabajos para la subespecie *P. v. richardsi* en las regiones más norteñas, que abarcan los estados de California y Oregon en los EUA describen que, debido a las mareas semidiurnas que prevalecen en la zona, las focas se alimentan dos veces al día durante las mareas altas (Harvey, 1995).

Los estudios sobre hábitos alimentarios de la subespecie *P. v. richardsi* en las costas de Estados Unidos están enfocados a la identificación y cuantificación de especies de importancia comercial, con principal énfasis en especies de salmónidos, ya que éstos representan un aporte económico significativo (Harvey, 1995; Stanley y Shaffer, 1995). Sin embargo, dichas especies no se localizan dentro de aguas mexicanas, por lo cual no pueden ser aprovechadas por las colonias de focas en esta zona (Behnke, 2002).

2.2.2. Presas de la foca de puerto

La mayoría de los estudios de excretas e identificación de estructuras duras enfocados al conocimiento de la alimentación de la foca de puerto han recalcado una preferencia de la especie por consumir peces bentónicos de tallas medianas (entre 15 y 20 cm). Se mencionan dentro de los invertebrados algunos calamares y en menor medida pulpos; sin embargo, la dieta descrita los cataloga como ictiófagos, debido a que los peces óseos conforman

prácticamente hasta el 90% de la dieta (Harvey, 1989; Tollit *et al.*, 1998; Pauly *et al.*, 1998; Howard, 2009).

Para las costas de Oregon, Harvey (1987) encontró que cinco presas abarcaron la mayor parte de la dieta para el año de 1980 donde dominaron peces óseos de baja o nula importancia comercial. Las especies identificadas son: el charrasco de astas (*Leptocottus armatus*), el arenque del Atlántico (*Clupea harengus*), la perca (*Cymatogaster aggregata*), la platija inglesa (*Parophrys vetulus*) y la platija rey (*Glyptocephalus zachirus*). Dentro de dicho estudio menciona la importancia de los lenguados como alimento principal para la foca de puerto dentro de cuerpos costeros someros, tanto de las especies señaladas como especies de menor abundancia, tal es el caso del lenguado arenoso del Pacífico (*Citharichthys sordidus*).

Tollit y colaboradores (1998) estudiaron la dieta de la foca de puerto dentro del estuario Moray en la costa de Escocia durante la época de verano (junio – julio) entre 1991 y 1993. Detectaron que para el área de estudio la preferencia por organismos bentónicos dentro de la familia Ammodytidae, conocidos como pionos (sandlances), fue muy marcada alcanzando hasta el 67% de las presas consumidas.

En el caso de la zona de California se ha detectado que el género *Sebastes*, cuyas especies, conocidas como rocotes, llegan a formar hasta el 50% de las presas consumidas (NMFS, 1997). Cabe mencionar que dichos organismos están asociados a bosques de macro-algas (como el sargazo, *Macrocystis pyrifera*), muy abundantes para esa área. Para esta misma región, pero dentro de la zona sur de San Francisco, Harvey y Torok (1994) identificaron 14 especies de peces y 1 cefalópodo, de las cuales 5 presas constituyeron más del 93% de la dieta. Entre estas especies se encontraron la anchoveta (*Engraulis mordax*), el sapo cabezón (*Porichthys notatus*) y la corvina blanca (*Genyonemus lineatus*). La especie introducida de gobio (*Acanthogobius flavimanus*) constituyó más del 54% del número total de estructuras duras registradas dentro de dicho estudio.

Hasta el momento existe solamente un artículo sobre los hábitos alimentarios de la foca de puerto para las costas mexicanas. Dicho estudio se

realizó en la Isla Natividad en Baja California Sur (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013); sin embargo, el tamaño de muestra utilizado ($n=11$) fue menor al que se ha propuesto para obtener la curva de frecuencia acumulativa y llegar a la asíntota de especies consumidas (Lance *et al.*, 2001). No obstante, los autores describieron como principales especies consumidas (para dicha isla y solamente finales de primavera) a organismos de hábitos bentónicos y peces pelágicos menores. Los organismos encontrados dentro del estudio, en orden descendente de importancia, fueron: el pez sol (*Achirus mazatlanus*), el pulpo rojo (*Octopus rubescens*), el agujón californiano (*Strongylura exilis*), el lenguado alón (*Citharichthys xanthostigma*), la sardina (*Sardinops sagax*) y la sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*); especies que representaron el 93% de la dieta.

Con una base de datos que contiene información de presas consumidas por *P. vitulina* alrededor del mundo, Pauly y colaboradores (1998) establecieron su nivel trófico en 4.0. Para ello dividieron a los organismos consumidos en función del tamaño, ambiente y subfilo. Asignaron un porcentaje de consumo y finalmente el valor trófico de la presa. Consideraron que la foca de puerto consume 30% de peces pelágicos menores, 45% peces demersales, 10% calamares pequeños y 10% de invertebrados como moluscos y pulpos. Cabe mencionar que el estudio generaliza a la especie a nivel global y no considera diferencias entre regiones ni entre subespecies. De igual manera los autores mencionan que algunos de sus resultados discrepan con otros estudios de mamíferos marinos, por lo cual es necesario hacer análisis de manera puntual para las diversas zonas de distribución. Por ejemplo, en la Isla Natividad, Baja California Sur, Elorriaga-Verplancken y colaboradores (2013) reportan un valor de 4.9 para la foca de puerto, basado en el análisis de estructuras duras halladas en excretas.

2.2.2.1. Cefalópodos

A pesar de que en diversos estudios los cefalópodos no muestran una importancia significativa dentro de la dieta de la especie (Pauly *et al.*, 1998), se han detectado algunos calamares y pulpos como posibles presas, ya que forman parte de la alimentación de los diferentes pinnípedos con los que

comparten el hábitat, ejemplo de esto son los lobos marinos (Lowry *et al.*, 1991; García-Rodríguez, 1999).

Se sabe que varias especies de cefalópodos son depredadores oportunistas, voraces y versátiles, cuyo ciclo de vida es corto, con un único evento de desove seguido de la muerte. Esto fomenta que las poblaciones fluctúen dramáticamente e impacten el ecosistema de forma puntual en diferentes épocas del año. Así mismo se han registrado disminuciones en el número de peces en la zona y un indudable aumento en el consumo de cefalópodos por depredadores de mayor nivel debido al incremento en el número de organismos presentes (Rodhouse y Nigmatulling, 1996).

Cabe resaltar que la dieta de los cefalópodos varía de acuerdo a la etapa de desarrollo. Se pueden alimentar de pequeños crustáceos en etapas juveniles y más adelante de peces medianos, e incluso de otros cefalópodos; por lo cual su nivel trófico tiende a ser muy elevado (Rodhouse y Nigmatulling, 1996).

Este tipo de incrementos y disminuciones en las poblaciones de cefalópodos se han registrado a diversas latitudes. En el caso de costas frías con eventos de surgencias se han encontrado algunas especies neríticas de las familias Loliginidae y Octopodidae que tienen este tipo de eventos, con la característica de que migran hacia zonas someras para desovar. Los juveniles crecen dentro de dichas áreas y posteriormente migran hacia aguas más profundas conforme crecen. Cabe resaltar que a su vez realizan una migración vertical diurna, con la salida hacia la superficie durante la tarde y un regreso a la profundidad durante el amanecer, lo cual significa una variación en la disponibilidad de las especies a diferentes profundidades a lo largo del día (Rodhouse y Nigmatulling, 1996).

2.2.2.2. Peces

Para la BTS y el EPB se han realizado pocos estudios sobre la composición y diversidad de peces y cefalópodos. Sin embargo, es importante conocer las posibles presas que el área brinda para la comunidad de focas.

En el caso de la Bahía Todos Santos (BTS) Rosales-Casian (1997) describió la presencia de varias especies de rocotes (*Sebastes spp.*) en estadio juvenil alrededor de los bosques de macroalgas; fenómeno que adjudicó principalmente a la presencia de crustáceos que habitan en *Macrocystis pyrifera* y al refugio que estas algas brindan.

Por otro lado, al realizar censos con red de arrastre a lo largo de la parte externa de la barra arenosa del EPB encontró con mayor abundancia, en orden descendente, las siguientes especies: el lenguado de California (*Paralichthys californicus*), la guitarra diablo (*Platyrrhinoidis triseriata*), el berrugato californiano (*Menticirrhus undulatus*), el lenguado arenoso del Pacífico (*Citharichthys sordidus*) y el lenguado aleta moteada (*Citharichthys stigmaeus*). Así mismo con menor abundancia, pero presente en la zona, mencionó a la corvineta blanca (*Genionemus lineatus*) y al lagarto lucio (*Synodus lucioceps*).

Por su parte, dentro del EPB, al realizar transectos con redes de arrastre a lo largo de 3 años, categorizó en función de la temporalidad a las especies en residentes, residentes ocasionales y visitantes; es decir, a las especies que se encontraron a lo largo del año y las que habitaban la laguna de manera esporádica. A su vez concluyó que la laguna es visitada por peces juveniles y adultos para alimentarse durante los periodos de marea alta (Hammann y Rosales, 1990).

Dentro del EPB, el mismo autor encontró que entre 1992 y 1995 las especies más abundantes fueron el lenguado de California (*P. californicus*), la cabrilla sargacera (*Paralabrax clathratus*) y la cabrilla arenosa (*Paralabrax nebulifer*.) Sin embargo, menciona la presencia de juveniles de *C. sordidus* y *C. stigmaeus*, las cuales migran hacia zonas profundas conforme se desarrollan. Cabe mencionar que en un estudio a lo largo de la Bahía de San Diego, EUA, el lenguado de aleta moteada (*C. stigmaeus*) se clasificó como altamente abundante, con hasta un 78.6% de importancia (Kramer, 1991).

El estudio realizado a lo largo del EPB y la BTS por Rosales-Casian (1997) mostró que las especies de peces registradas entre años en diferentes tipos de sustratos (lodo, arena, mezcla y zonas rocosas) son altamente dinámicas y varían tanto estacionalmente como por zona y profundidad.

2.3. Análisis de heces

Conocer los hábitos alimentarios de depredadores tope como la *P. v. richardsi* es importante para establecer el papel ecológico, el posible impacto que tienen sobre las pesquerías locales y determinar la competencia con otros organismos (Lance *et al.*, 2001). Cabe remarcar que para este tipo de estudios es necesario estimar la abundancia y el tipo de presas que sirven como alimento para la especie (Payne y Selzer, 1989).

Existen diversas técnicas que permiten obtener información sobre las presas consumidas por la foca de puerto; éstas consisten en adquirir el contenido estomacal de especímenes varados, provocar la regurgitación de individuos capturados y el análisis de estructuras duras dentro de heces. Este último método es el utilizado con mayor frecuencia debido a la facilidad de obtención de muestras y principalmente por la baja perturbación de las colonias estudiadas (Harvey, 1988; Tollit *et al.*, 1998; Phillips y Harvey, 2009; Riemer y Mikus, 2006).

El método consiste en la colecta de materia fecal de los diferentes sitios de descanso, su posterior congelación y finalmente el tamizado a través de mallas de 2.0, 1.0 y 0.5 mm (Lance *et al.*, 2001). A partir de esto se obtienen las estructuras duras no digeridas; entre las que se encuentran los otolitos sagita, o huesos del oído interno de peces óseos, y las mandíbulas, o picos, de cefalópodos, cuyas formas son únicas para cada especie (Jobling y Breiby, 1986; Harvey, 1988; Rodhouse y Nigmatulling, 1996; Lance *et al.*, 2001).

Se ha estimado que dicho método permite calcular la ingesta de presas por parte de *P. v. richardsi* hasta 24 horas previas a la colecta (Harvey, 1988). Sin embargo, existen errores asociados a la digestión de las estructuras duras, los cuales incluyen pérdida de otolitos sagita y picos a través del tracto digestivo, la subestimación de presas de mayor tamaño debido al desprendimiento y pérdida de la cabeza de los peces, así como la consideración de algunos grupos de peces como rayas y tiburones cuyos otolitos son pequeños y prácticamente imposibles de recuperar (Jobling y Breiby, 1986; Harvey, 1995). Cabe mencionar que a su vez los otolitos más robustos son recuperados con mayor frecuencia, mientras que los otolitos

pequeños o frágiles son digeridos con mayor facilidad, por lo cual pueden ser subestimados dentro de estudios con materia fecal (Harvey, 1987; Harvey 1988; Jobling y Breiby, 1986).

3. Justificación

Actualmente no se conoce si existe un intercambio de individuos de *P. v. richardsi* entre los dos sitios de agrupamiento dentro de la Bahía Todos Santos (Estero de Punta Banda, EPB, e Isla Todos Santos, ITS). A partir de información sobre las fechas de inicio de nacimientos en ambos sitios (Lubinsky-Jinich, 2010; Fernández-Martín, 2012), se propuso que puede existir un desfase en el ciclo anual entre las colonias. Debido a lo anterior, y sin contar con información sobre diferencias genéticas, en este trabajo se intenta aportar información que ayude a explicar el posible aislamiento entre colonias tan cercanas geográficamente.

A pesar de la falta de información sobre el comportamiento de alimentación de la *P. v. richardsi* en México; se sabe por estudios al norte de la frontera con Estados Unidos, que es una subespecie altamente filopátrica (Olesiuk *et al.*, 1990) y realiza movimientos geográficos cortos alrededor de su colonia (Cunningham *et al.*, 2009; Tollit *et al.*, 1998), en donde se alimenta. Por lo tanto, depende de la disponibilidad de alimento local. Es importante mencionar que en cuanto a medidas de conservación, es trascendente conocer si las dos colonias dependen de los mismos recursos o no.

4. Hipótesis

Existen diferencias entre las especies consumidas por la foca de puerto en el Estero de Punta Banda y la Isla de Todos Santos.

La foca de puerto se alimenta de organismos principalmente bentónicos en ambos sitios de estudio.

Las especies aprovechadas en el sitio de descanso del estero son organismos que habitan zonas arenosas, mientras que en la Isla Todos Santos las presas son representativas de áreas rocosas y bosques de macroalgas.

La mayor variedad de especies consumidas por *P. v. richardsi* en la BTS se observa en la zona de descanso de la isla.

La *P. v. richardsi* en la BTS se alimenta de pocas especies en comparación con las posibles presas presentes, lo cual conlleva a considerarla una especie altamente especialista.

La foca de puerto se presenta como un depredador tope en la región y ocupa los eslabones más altos de la cadena alimenticia.

5. Objetivos

Objetivo General:

Establecer los hábitos alimentarios de la foca de puerto (*Phoca vitulina richardsi*) en la Bahía Todos Santos, Ensenada, B.C.

Objetivos Particulares:

- 1) Caracterizar la dieta de la foca de puerto en el Estero de Punta Banda y la Isla Todos Santos a partir del análisis de estructuras durs obtenidas en excretas.
- 2) Determinar a nivel de especie las principales presas que conforman la dieta de la foca de puerto en la BTS.
- 3) Conocer la diversidad en la composición de la dieta de la foca de puerto para el Estero de Punta Banda y la Isla Todos Santos.
- 4) Estimar el grado de especialización de la dieta en ambos sitios de estudio.
- 5) Establecer el tipo de hábitat de alimentación de la foca de puerto para ambos sitios de estudio.
- 6) Determinar el nivel trófico de la foca de puerto en ambos sitios de estudio.

6. Área de estudio

6.1. Bahía Todos Santos

La BTS (Fig. 1) se localiza en la costa nor-occidental de la Península de Baja California. Presenta dos salientes rocosas como límites naturales: Punta San Miguel al norte y Punta Banda al sur, con las Islas Todos Santos (ITS) en la porción central. Esto define dos entradas y salidas que permiten la circulación de agua oceánica dentro de la bahía (Meillón-Menchaca y Álvarez-

Borrego, 1996). La línea de costa se caracteriza por la presencia de cantiles con playas de bolsillo de canto rodado en la zona norte, una playa arenosa de 14 km de longitud, que abarca desde el Puerto de Ensenada hasta la boca del EPB; prosigue una barra arenosa que limita el flujo de agua entre la laguna costera y el océano. Finalmente la costa continúa a lo largo de Punta Banda con cantiles y playas con poca arena entre ellos (Meillón-Menchaca y Álvarez-Borrego, 1996). La configuración batimétrica de la bahía es irregular; la profundidad promedio para la bahía es de 50 m. Por su parte, la profundidad mínima descrita es de 5.5 m, en un sitio conocido como “el Bajo de San Miguel”, localizado en la región norte entre Punta San Miguel y las islas. La profundidad máxima se presenta en el cañón submarino, el cual alcanza hasta 550 m y se ubica entre Punta Banda y las islas (Meillon-Menchaca y Álvarez-Borrego, 1996).



Figura 1.- Bahía Todos Santos con los dos sitios de descanso de *P. v. richardsi*, Isla Todos Santos y el Estero de Punta Banda, separados entre sí por 16 km.

6.2. Islas Todos Santos

Dentro de esta bahía se encuentran dos sitios de descanso, reproducción y muda que son frecuentados por la foca de puerto (Fig. 1). Por un lado están las ITS (Fig. 1, 2 y 3), con una zona norte expuesta al oleaje intenso de mar abierto, rodeado de bosques de macroalgas y con profundidades máximas de 550 m en el cañón submarino (Quintanilla-Montoya, 1984). Las dos islas reciben el nombre de Todos Santos Norte y Todos Santos Sur, las cuales se caracterizan por sus playas de canto rodado con cantiles (Donlan *et al.*, 2000). La topografía de la zona submareal presenta salientes rocosas entre planicies arenosas que van hasta los 28 m de profundidad (Aguilar-Rosas *et al.*, 2010); en dicha zona se han observado un máximo de 402 individuos durante la época de muda (Fernández-Martín, com. pers.).

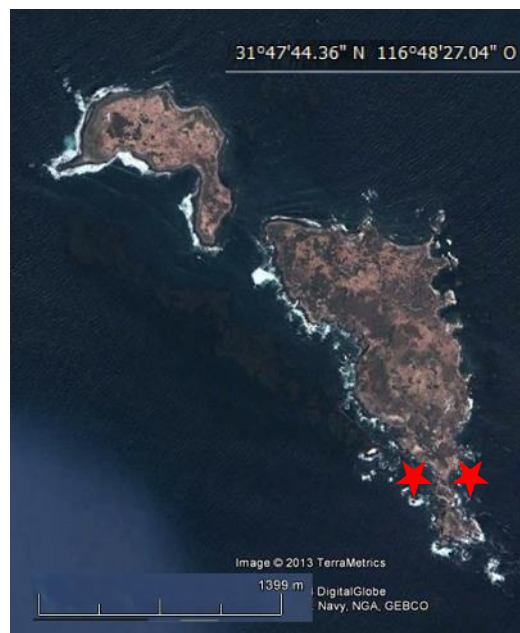


Figura 2.- Mapa de las Islas Todos Santos Norte y Todos Santos Sur con los dos sitios de muestreo, playa expuesta del lado oeste y playa protegida del lado este.



Figura 3.- Sitio de descanso en la Isla Todos Santos Sur, caracterizado por presentar cantos rodados y rocas.

6.3. Estero de Punta Banda

Por otro lado, el EPB (Figs. 1, 4 y 5) se localiza al interior de la BTS en la región sur-este. Se caracteriza por ser una laguna costera somera con fondo arenoso que presenta conexión al océano por medio de una boca dinámica con apertura en dirección norte. Presenta una forma de “L”, con una longitud aproximada de 10 km y 2 km de ancho promedio y un canal principal de profundidad no mayor a los 8 m. La barra arenosa, de 8 km de largo, separa la comunicación entre la laguna y el océano, formando en el interior una zona de marismas que se ve dominada por la influencia de la marea, la cual genera el flujo e intercambio de agua con una velocidad de hasta 1.5 m/s aproximadamente (Ortiz *et al.*, 2003). En esta zona se han contabilizado para la época de reproducción y muda hasta 81 individuos (Fernández-Martín, 2012).

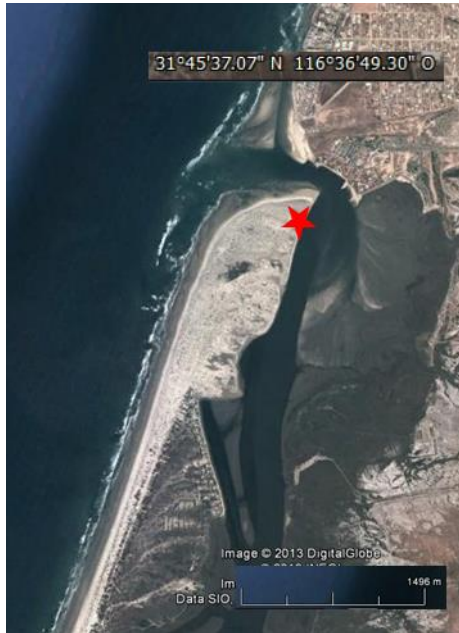


Figura 4.- Mapa de la barra arenosa del Estero de Punta Banda marcado con el sitio de muestreo.



Figura 5.- Sitio de descanso en el Estero de Punta Banda, caracterizado por ser una playa de arena.

En cuanto al aspecto de los hábitos alimentarios, se sabe que estos sitios presentan dos tipos de ambiente muy diferentes (Meillon-Menchaca y Álvarez-Borrego, 1996; Quintanilla-Montoya, 1984), por lo cual las especies que se distribuyen dentro de ellas y que pueden servir como presas, presentan mecanismos evasivos en función del área en la que se encuentran. Por un lado

en la ITS las especies se relacionan con ambientes rocosos, bosques de macroalgas y con zonas profundas, mientras que las áreas cercanas al EPB proporcionan un ambiente para peces e invertebrados bentónicos asociados a fondos someros, arenosos, en donde el cambio de la marea es muy notorio (Rosales-Casán, 1997). Debido a esto, las colonias de focas deben de estar especializadas para capturar diferente tipo de alimento (Lunneryd, 2001).

7. Método

7.1. Esfuerzo de campo/ Colecta de muestras

Los sitios de muestreo se seleccionaron en función de la accesibilidad y el número de focas encontradas en cada una de las playas (Payne y Selzer, 1989).

Las muestras se obtuvieron, en ambos sitios, en las playas de descanso durante marea baja, con la intención de obtener la mayor cantidad posible de heces frescas. Las muestras secas blanquecinas que se encontraron sobre el nivel máximo de marea fueron descartadas para evitar incluir datos de periodos distintos al de muestreo.

Las heces se colectaron con guantes y cucharas de plástico, se colocaron dentro de bolsas plásticas con cierre y se etiquetaron de acuerdo a la fecha y sitio de muestreo (Lance *et al.*, 2001). Fueron trasladadas posteriormente al cuarto frío de la Facultad de Ciencias Marinas y se conservaron a una temperatura promedio de -20°C para evitar la proliferación de bacterias (Harvey, 1988; Payne y Selzer, 1989).

Para su posterior procesamiento, las excretas se mantuvieron durante 24 horas a temperatura ambiente, después se colocaron en vasos de precipitados de 1 L con agua dulce y se agitaron con una cuchara para descongelarlas.

Finalmente se tamizaron con cernidores con luz de malla de 0.5, 1.0 y 2.0 mm en orden ascendente (Lance *et al.*, 2001). Se utilizó el chorro del agua de la llave para facilitar el paso de la materia y evitar la ruptura de las estructuras duras.

Los otolitos recuperados de los 3 tamices se dejaron secar sobre papel alrededor de una hora y se almacenaron en seco dentro de viales etiquetados (Lance *et al.*, 2001). Por su parte, los picos se colocaron en viales con etanol al 50%, para evitar distorsiones en la forma y se mantuvieron en refrigeración a -4°C hasta su análisis (Lance *et al.*, 2001).

La identificación de las estructuras duras se realizó con un microscopio estereoscópico. Los otolitos fueron comparados con el catálogo fotográfico de la NOAA (Lowry, 2011) y los picos con la guía de identificación de cefalópodos de especies del Pacífico (Pinkas *et al.*, 1971). Dicha identificación fue corroborada por Mark Lowry en el laboratorio del Southwest Fisheries Science Center en La Jolla, California, EUA.

De acuerdo con la literatura se ha estimado que el tamaño mínimo de muestra recomendable para este tipo de estudios es de 50 excretas por muestreo (Lance *et al.*, 2001); sin embargo, dicho número puede variar y depende del total de especies que se encuentren. Para poder cerciorarse de que las muestras colectadas fueron suficientes, se creó una gráfica de frecuencia acumulativa de presas (tanto peces como cefalópodos) para cada sitio y para cada mes. Se consideró que al llegar a una asíntota el muestreo era representativo y el número de excretas suficiente (Lance *et al.*, 2001).

Con la finalidad de conocer a las especies más recurrentes en las excretas, se graficó, en función de una matriz de ausencia-presencia, el número de muestras en las cuales se encontraron cada una de las presas (Lance *et al.*, 2001).

Para encontrar una preferencia entre los grupos consumidos por la foca de puerto en la zona, se generaron gráficas de la abundancia relativa de las especies en función del número de otolitos y picos de cefalópodos encontrados en las excretas (Lance *et al.*, 2001).

7.2. Ecología trófica

El análisis de las muestras se llevó a cabo mediante las ecuaciones de índice de importancia, amplitud trófica, ambientes explotados y nivel trófico. Para este último los valores de alimentación (nivel trófico) de los peces

encontrados en la dieta de la foca de puerto se obtuvieron de la página FishBase (Froese y Pauly, 2000).

El Índice de Importancia (IIMP) (Krebs, 1999) permite cuantificar la abundancia relativa de la especie presa, es decir la probabilidad de ser encontrada en un conjunto de excretas. La ecuación para encontrar dicho valor es:

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

Donde:

X_{ij} = número de observaciones de la presa (i) en la excreta (j).

X_j = número de estructuras duras totales identificables en la excreta.

U= número total de muestras que contienen presas.

La amplitud trófica (Krebs, 1999) indica la variabilidad en el consumo de presas, es decir, la versatilidad o plasticidad de la dieta. Los valores que se obtienen a partir de dicho índice varían entre 0 y 1, en donde las especies altamente especialistas tienden a valores cercanos a 0, mientras que organismos generalistas presentan valores próximos a 1. Este dato se obtuvo a partir de la ecuación de amplitud de nicho estandarizada; para la cual es necesario obtener la medida de Levin para amplitud de nicho (Krebs, 1999). Las ecuaciones son las siguientes:

$$B = \frac{1}{\sum P_j^2}$$

Donde:

B= medida de Levin para amplitud de nicho.

P_j = Proporción de cada presa en la dieta del depredador (valor que se obtiene con el IIMP).

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1}$$

En la cual:

B_A = amplitud de nicho estandarizada.

B = medida de Levin para amplitud de nicho.

n = número de presas totales en la dieta.

Para establecer los ambientes explotados (es decir las áreas principales de alimentación) de manera indirecta, se realizó la búsqueda bibliográfica de los nichos, por sustrato, utilizados por las presas; con esta información y la proporción de las especies dentro de la dieta, obtenida a partir del IIMP. se generaron gráficas con las cuales se estimaron las áreas preferentes de pesca para la *P. v. richardsi* dentro de ambos sitios de estudio. Para buscar diferencias estadísticamente significativas entre los dos sitios de estudio y en los meses de colecta (mayo y junio) se utilizó una tabla de bondad de ajuste al 95% de confianza.

Finalmente, el nivel trófico (Krebs, 1999) muestra la posición en la que se ubica el depredador dentro de la trama trófica; por lo tanto el papel ecológico que desempeña dentro de un ecosistema. Los valores que se obtienen varían de 1 a 5, donde los productores primarios se encuentran en la base de la trama con el valor de 1, el cual aumenta en +1 conforme se escala en la cadena; por lo tanto, los depredadores con un índice cercano a 5 serán ubicados dentro de las posiciones más altas. Para obtener dicho parámetro se utilizó la ecuación:

$$NT = 1 + \sum_{j=1}^n (D_{cij} * NT_{ij})$$

Donde:

NT = Nivel trófico a conocer del depredador.

D_{cij} = Proporción de cada presa en la dieta (valor que se obtiene con el IIMP).

NT_{ij} = Nivel trófico de la presa.

n = Número de presas que componen la dieta.

Para conocer la similitud en la estructura de la dieta de la foca de puerto entre ambos sitios se utilizó el método de análisis multivariado (nMDS), basado en el índice de similitud de Bray-Curtis y el análisis de similitud (ANOSIM). Se utilizó el programa PRIMER 6.1.3. (Clarke y Warwick, 2001) para realizar los análisis mencionados.

8. Resultados

8.1. Esfuerzo de campo /Colecta de muestras

Para el presente estudio se colectaron un total de 233 excretas durante los meses de mayo y junio de 2013 en dos zonas de descanso de la foca de puerto dentro de la Bahía Todos Santos, Baja California. De estas muestras 100 corresponden al EPB y el 133 a las playas de la ITS Sur (Tabla I).

Tabla I. Número de muestras colectadas en ambos sitios de estudio dentro de la Bahía Todos Santos.

| | Mayo | Junio | Total |
|-----|------|-------|------------|
| EPB | 44 | 56 | 100 |
| ITS | 45 | 88 | 133 |
| | | | 233 |

La colecta de muestras se realizó en función del número de excretas presentes en los sitios de descanso; se intentó que el número mínimo de heces para cada zona y mes se aproximara a lo establecido por Lance y colaboradores (2001). Para ello fue necesario un esfuerzo de campo distinto para cada zona (Tabla II); ejemplo de esto es el EPB donde el número máximo de excretas encontradas fue de 27 el día 8 de junio y el mínimo con 4 ejemplares el 8 de mayo. Cabe recalcar que a pesar del esfuerzo de búsqueda el 22 de mayo no se encontró muestra alguna.

En el caso de la ITS se presentó el mayor número de heces de todo el estudio con 45 ejemplares el 30 de abril, el menor número registrado fue el 19 de junio con 25 excretas.

Tabla II. Fechas de colecta de heces para cada sitio de estudio.

| EPB | | ITS | |
|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| Fecha | Cantidad | Fecha | Cantidad |
| 08-may-13 | 4 | 30-abr-13 | 45 |
| 11-may-13 | 6 | - | - |
| 18-may-13 | 12 | - | - |
| 22-may-13 | 0 | - | - |
| 25-may-13 | 22 | - | - |
| 08-jun-13 | 27 | 11-jun-13 | 35 |
| 15-jun-13 | 19 | 13-jun-13 | 28 |
| 22-jun-13 | 10 | 19-jun-13 | 25 |

Para comprobar que el muestreo fue suficiente para describir el espectro trófico de la foca de puerto en ambos sitios, se graficaron las curvas acumulativas de especies (Fig. 6).

Se puede apreciar en la Figura 6 que solamente en el caso del mes de junio en la ITS (d) fue necesario un mayor número de excretas para llegar a la asíntota de especies; el tamaño mínimo de muestra se alcanzó a las 50 excretas con 16 diferentes especies (d). Para el mes de mayo en la ITS (c) sólo fueron necesarias 30 excretas para obtener la asíntota de 18 especies. En el EPB durante junio la asíntota se encontró a las 37 excretas con 15 especies (b), mientras que en mayo con 23 heces e igual número de especies (a).

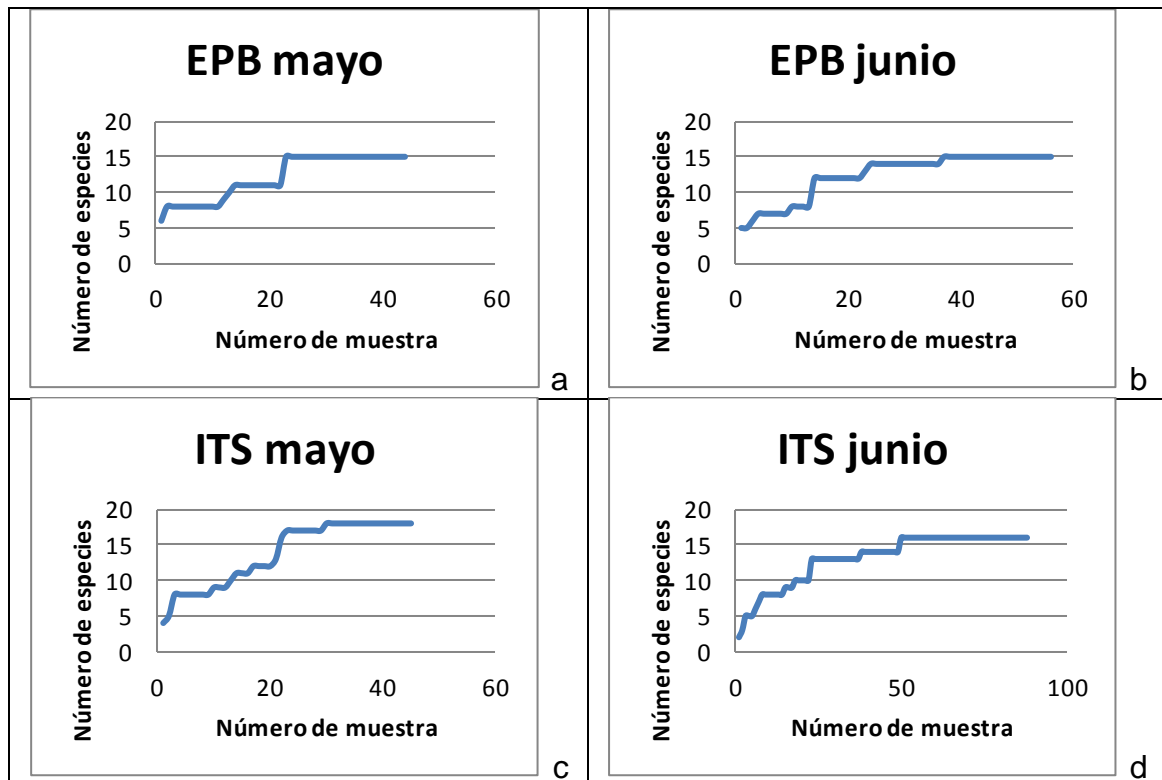


Figura 6.- Frecuencia acumulativa de especies para determinar el tamaño mínimo de muestra en cada sitio de estudio (Estero de Punta Banda, EPB; Isla Todos Santos, ITS) y para cada mes, en función de las estructuras duras encontradas en las excretas.

En la Tabla III se muestra un resumen de las estructuras recuperadas del muestreo en el EPB. El número de muestras colectadas y procesadas para el EPB en junio fue 12 unidades mayor que para el mes de mayo.

El número de excretas sin estructuras duras presentes varió muy poco entre meses, sin embargo, cabe remarcar que el número de otolitos recuperados para mayo representó la cuarta parte de los otolitos encontrados en junio; sin embargo el número total de especies de peces fue el mismo (13) en ambos meses (Tabla III). El número de especies de cefalópodos fue idéntico, sin embargo, el número de picos recuperados representó el doble para el mes de mayo con, 226 ejemplares (Tabla III).

Del total de muestras tamizadas en el EPB se encontró que en mayo el 72.7% presentó estructuras duras ($n= 32$ de 44), mientras que en junio fue el 73.21% de las heces ($n=41$ de 56) (Tabla III), lo que representó la pérdida de estructuras duras en aproximadamente 30% de las excretas para ambos

meses. De estas excretas para el mes de mayo el 62.5% (n=24) contenía otolitos, de los cuales el 99.19% fueron identificados. El 59% de las muestras presentaron picos de cefalópodos (n=19), grupo que, al igual que en el resto de las muestras, fue identificado taxonómicamente al 100%. En el caso de junio 85.3% de las excretas con estructuras duras presentaron otolitos, de los cuales 96.5% fueron identificados (n=35), en el caso de los cefalópodos se encontraron picos en 53.6% de éstas (n=22) (Tabla III).

Tabla III. Número de muestras tamizadas, estructuras duras obtenidas y el número de especies identificadas para el Estero de Punta Banda.

| Resumen EPB | | |
|--------------------------|-------------|--------------|
| | mayo | junio |
| Excretas tamizadas | 44 | 56 |
| Excretas sin estructuras | 12 | 15 |
| Excretas con estructuras | 32 | 41 |
| Excretas con otolitos | 24 | 35 |
| Excretas con picos | 19 | 22 |
| Otolitos recuperados | 374 | 1147 |
| Picos recuperados | 226 | 103 |
| Otolitos identificados | 371 | 1107 |
| Picos identificados | 226 | 103 |
| Especies de peces | 13 | 13 |
| Familias de peces | 11 | 10 |
| Especies de cefalópodos | 2 | 2 |
| Familias de cefalópodos | 2 | 2 |

Respecto a las muestras de la ITS (Tabla IV), se observa que las excretas obtenidas en el mes de mayo representaron prácticamente la mitad que las muestras de junio. El número de otolitos recuperados para junio también constituyó el doble que los otolitos que se encontraron en las excretas dentro del mes de mayo. Sin embargo, el número de picos de cefalópodos fue seis veces menor durante mayo que en el mes de junio.

Cabe resaltar que a pesar de haber recuperado un mayor número de muestras y de otolitos durante junio el número de especies de peces es menor con un total de 14, a comparación de 16 especies halladas en mayo. Sin embargo, el número de especies de cefalópodos para ambos meses se mantuvo igual que en el caso del EPB con 2 representantes.

Tabla IV. Número de muestras tamizadas, estructuras duras obtenidas y el número de especies identificadas para la Isla Todos Santos.

| Resumen ITS | | |
|----------------------------|-------------|--------------|
| | mayo | junio |
| Excretas tamizadas | 45 | 88 |
| Excretas sin estructuras | 10 | 6 |
| Excretas con estructuras | 35 | 82 |
| Excretas con otolitos | 32 | 78 |
| Excretas con picos | 8 | 57 |
| Otolitos recuperados | 651 | 1474 |
| Picos recuperados | 48 | 355 |
| Otolitos identificados | 642 | 1465 |
| Picos identificados | 48 | 355 |
| Especies de peces | 16 | 14 |
| Familias de peces | 12 | 10 |
| Nº Especies de cefalópodos | 2 | 2 |
| Familias de cefalópodos | 2 | 2 |

De las muestras analizadas de la ITS se observó para mayo que en el 77.7% de excretas se encontraron estructuras (n= 35 de 45), con una pérdida del 23%. En cambio en junio el 93.1% de las excretas presentaron tanto otolitos como picos (n=82 de 88), con solamente el 7% de muestras sin estructuras (Tabla IV). Dentro de dichas excretas para el mes de mayo 91.4% presentaron otolitos (n= 32), de los que se identificó el 98.6%, los picos se hallaron en el 22.8% de las heces (n=8). Para junio los otolitos se mostraron en el 83.7% de las muestras (n=78) y se identificó el 99.34% de éstos. Los picos se hallaron en el 69.5% de las heces con estructuras duras (n=57) (Tabla IV).

8.2. Presas consumidas

En cuanto a la preferencia de grupos consumidos por la foca de puerto, se puede observar en la Fig. 7 una predilección marcada hacia el consumo de peces óseos; con un máximo de 93.13% de importancia en la ITS durante mayo (Fig 7c). En este mismo mes en el EPB la abundancia relativa de cefalópodos fue mayor que en el resto de meses y entre sitios con un 37.67% de importancia, sin que éstos llegaran a sobrepasar a los peces (Fig. 7a). Cabe resaltar que el mayor consumo de cefalópodos en la ITS ocurrió durante el mes

de junio, el cual incrementó de un 6.87% durante mayo a un 19.41% (Figs. 7c y 7d).

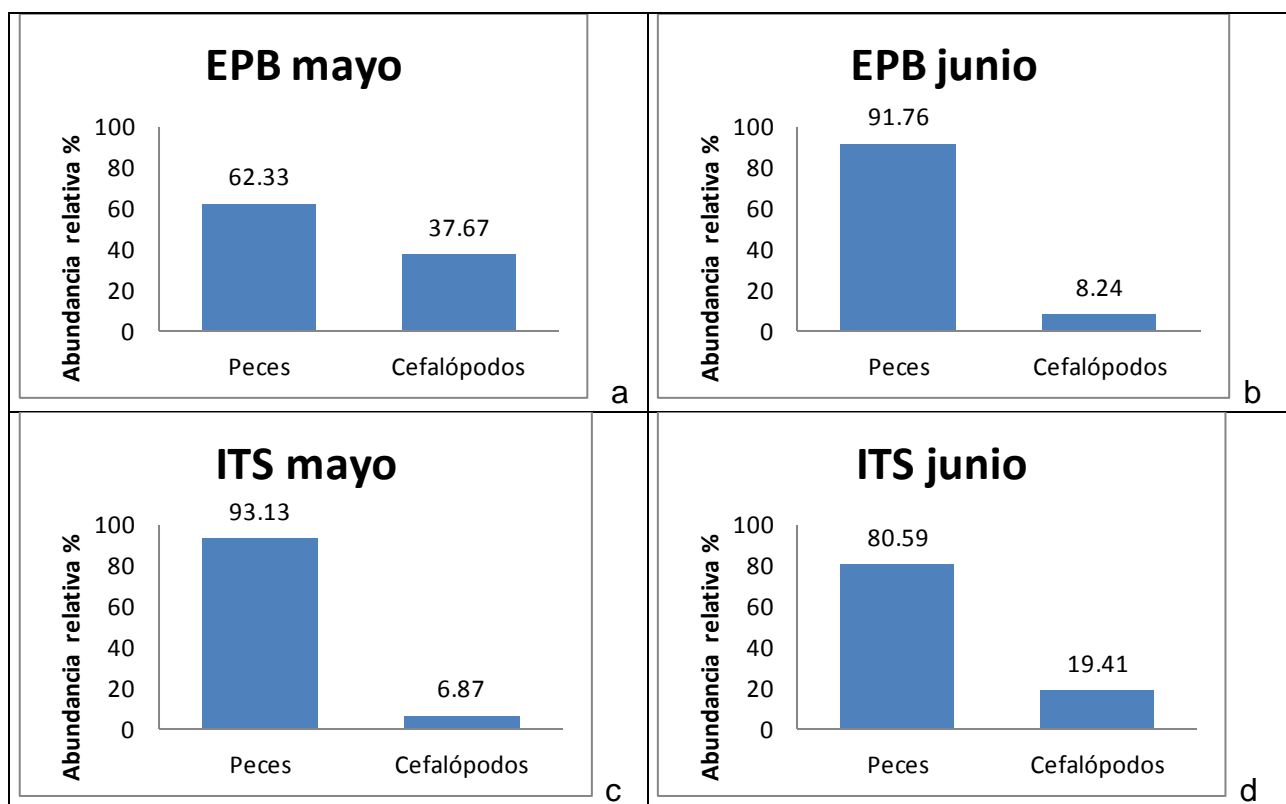


Figura 7.- Abundancia relativa de peces y cefalópodos en la dieta de la foca de puerto con base en el número de estructuras recuperadas para los sitios (Estero de Punta Banda, EPB; Isla Todos Santos, ITS) y meses de muestreo.

8.3. Frecuencia de ocurrencia

De las 21 especies identificadas en la dieta de la foca de puerto en la BTS, solamente 10 (47%) se presentaron en ambos sitios de descanso y ambos meses (Figs. 8 a 11; Anexo); 8 de ellas fueron peces y 2 cefalópodos. Dichas especies (por orden alfabético), en el caso de los peces, son: la congriperla moteada (*Chilara taylori*), el lenguado arenoso del Pacífico (*Citharichthys sordidus*), el lenguado “rock sole” (*Lepidopsetta bilineata*), la platija escurridiza (*Microstomus pacificus*), la palometa plateada (*Peprilus simillimus*), los rocotes (*Sebastes spp.*), el lagarto lucio (*Synodus lucioceps*) y el cepillo espina corta (*Zaniolepis frenata*). Por otro lado, los cefalópodos encontrados fueron el calamar californiano (*Loligo opalescens*) y el pulpo anillado (*Octopus bimaculatus*) (Figs. 8 a 11).

En función de las excretas que presentaron estructuras duras se puede apreciar que, en el caso del EPB durante el mes de mayo (Fig. 8), las especies más frecuentes fueron *O. bimaculatus* y *S. lucioiceps* encontradas en 46.9% de las muestras (n=15) y 37.5% (n=12), respectivamente, de un total de 32 muestras. Estas dos especies representaron el 84.4% del total de la dieta. Por el contrario, las menos frecuentes fueron *C. sordidus* y *Sebastes* spp. que se hallaron cada una en 1 excreta.

En el mismo sitio, pero para el mes de junio (Fig. 9), *S. lucioiceps* se encontró en 75% (n=31) de las 41 excretas con estructuras duras, colocándose en primer lugar de las presas identificadas; por su parte *C. stigmaeus* y *O. bimaculatus* se situaron dentro de las primeras tres especies al encontrarse ambas en 17 muestras. Nuevamente, *C. sordidus* fue de las especies escasas al presentarse únicamente en una excreta.

Por su parte, en la ITS para el mes de mayo (Fig. 10), de las 35 muestras que presentaron otolitos y picos, el género *Sebastes* spp. se encontró en 51.4% de éstas (n=18), seguido de *C. taylori* con 25.7% (n=9) y *S. lucioiceps* con 22.9% (n=8). En este caso, 6 especies aparecieron en una sola excreta.

En el caso de la ITS durante junio, *L. opalescens* se presentó en 63.4% (n=52) de las 82 muestras (Fig. 11), *Sebastes* spp. en 52.4% (n=43), y *S. lucioiceps* en 43.9% (n=36) de éstas. La especie con menor presencia fue la platija rey (*Glyptocephalus zachirus*) encontrada en una sola muestra.

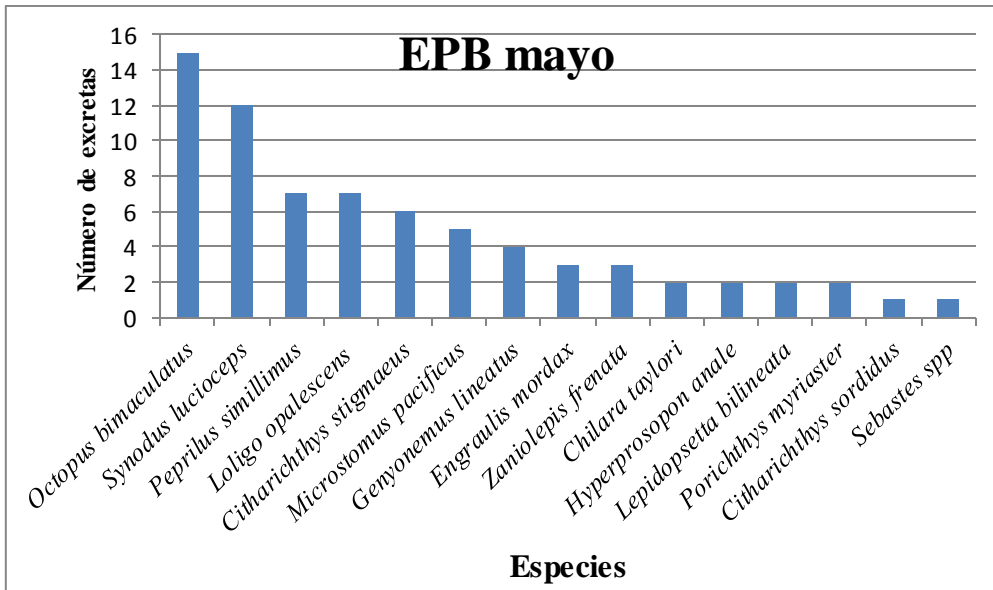


Figura 8.- Número de excretas de mayo en que aparecieron las distintas presas de la foca de puerto, en el Estero de Punta Banda.

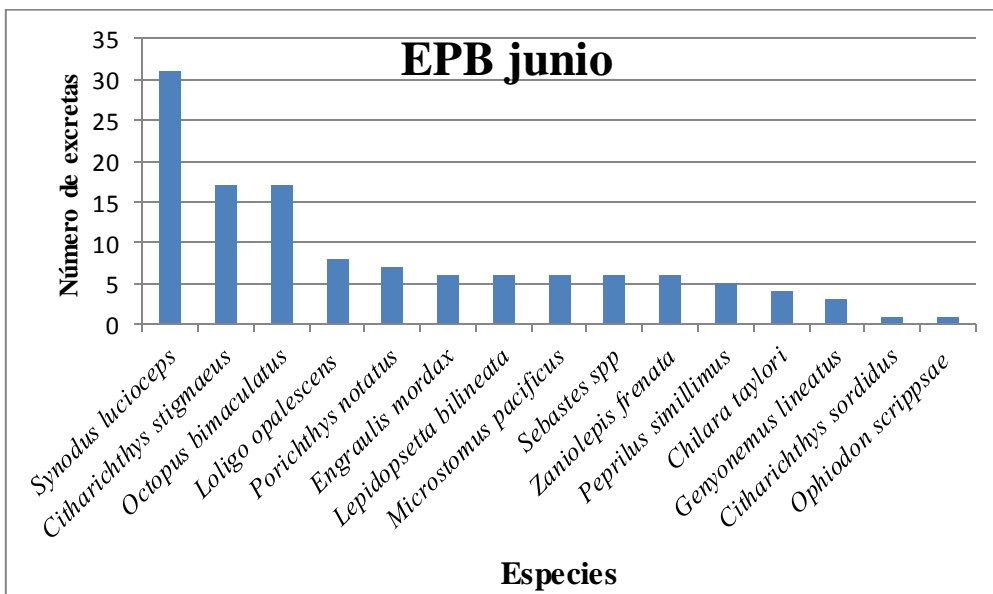


Figura 9.- Número de excretas de junio en que aparecieron las distintas presas de la foca de puerto, en el Estero de Punta.

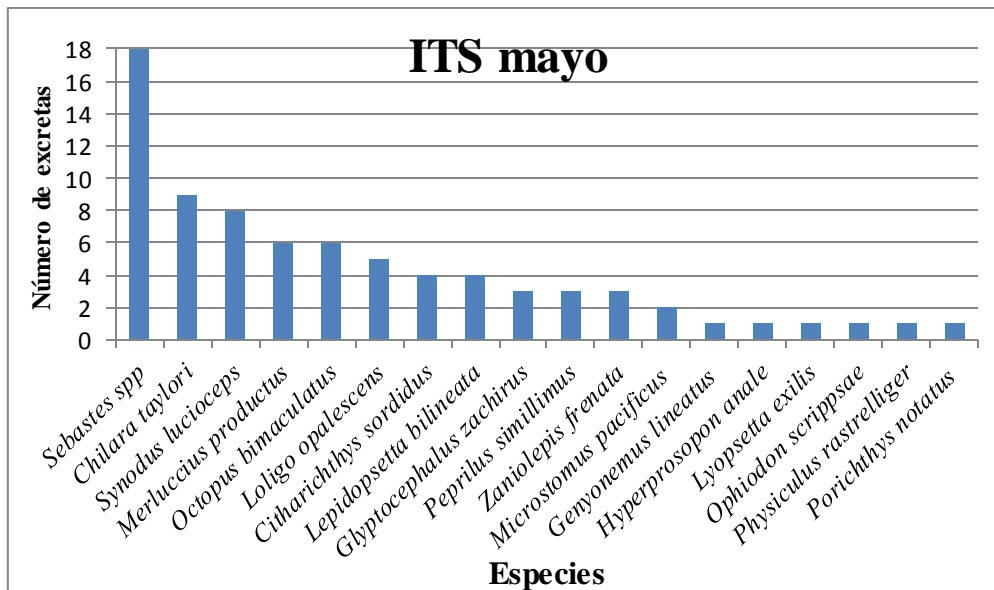


Figura 10.- Número de excretas de mayo en que aparecieron las distintas presas de la foca de puerto, en la Isla Todos Santos.

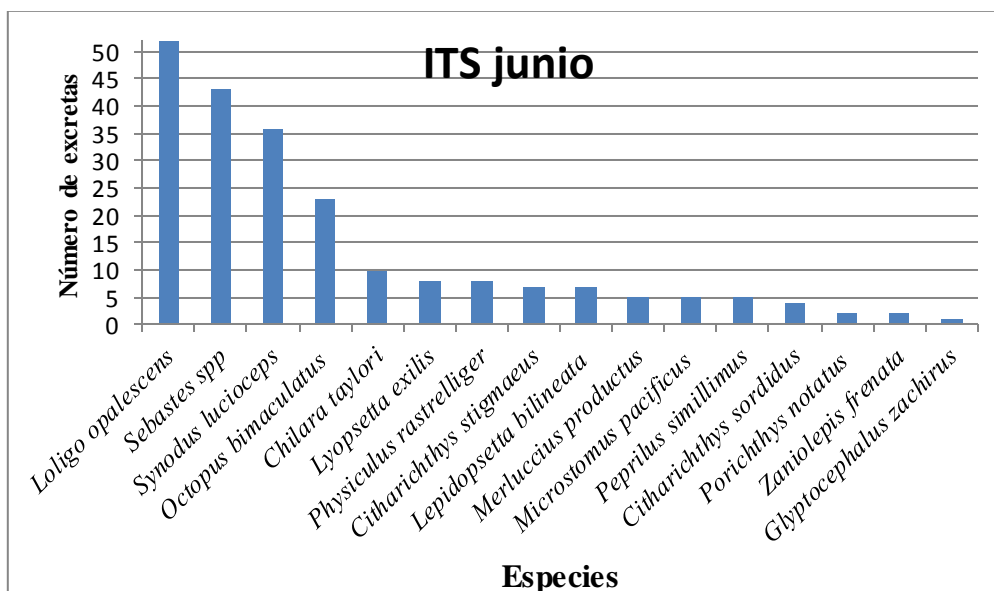


Figura 11.- Número de excretas de junio en que aparecieron las distintas presas de la foca de puerto, en la Isla Todos Santos.

8.4. Índice de importancia

En función del porcentaje de importancia se encontró en el EPB que *O. bimaculatus* presentó valores de 29% durante el mes de mayo y 12% para el mes de junio; por su parte *L. opalescens* tuvo valores de 13% y 6% respectivamente. *S. Lucioiceps* se posicionó en el segundo lugar en importancia

en mayo (22%) y fue la especie más importante en junio (46%), (Figs. 12 y 13; Tabla V).

En la ITS el género *Sebastes spp.* se encontró en primer lugar con valores de 37.9% durante mayo y 30.8% en junio. *S. lucioiceps* ocupó el segundo lugar en importancia en ambos meses muestreados (12% y 22%) y *L. opalescens* alcanzó un valor del 20% durante el mes de junio, siendo poco importante en la dieta en el mes de mayo (<5%). (Figs. 14 y 15; Tabla V).

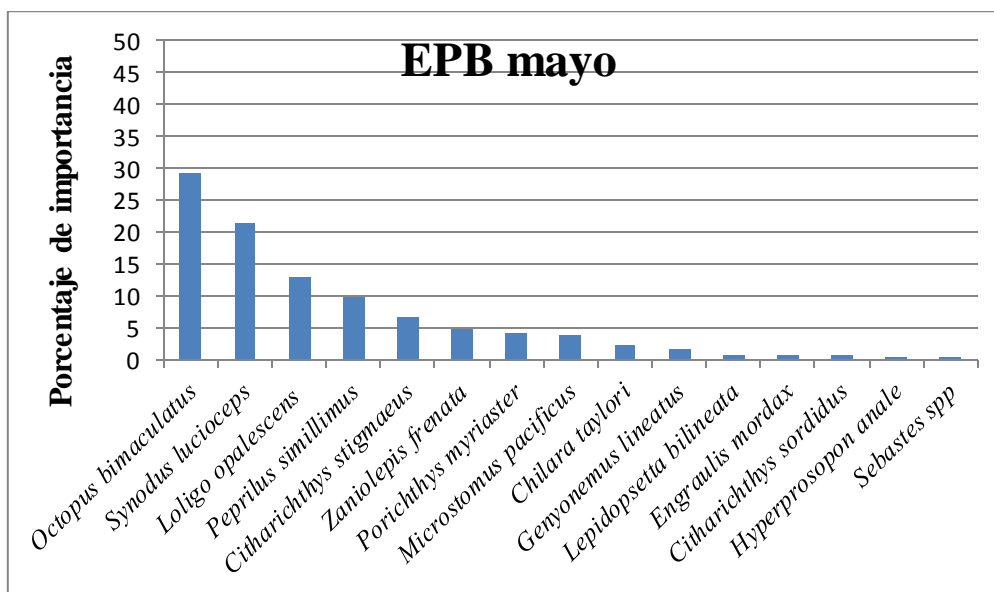


Figura 12.- Porcentaje de importancia de especies dentro de la dieta de la foca de puerto durante el mes de mayo para el Estero de Punta Banda.

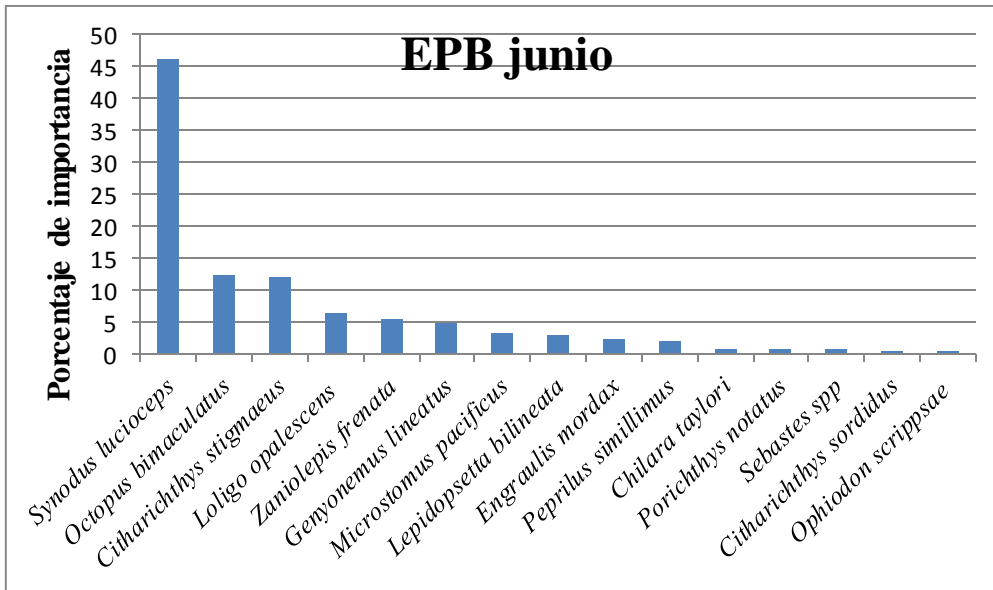


Figura 13.- Porcentaje de importancia de especies dentro de la dieta de la foca de puerto durante el mes de junio para el Estero de Punta Banda.

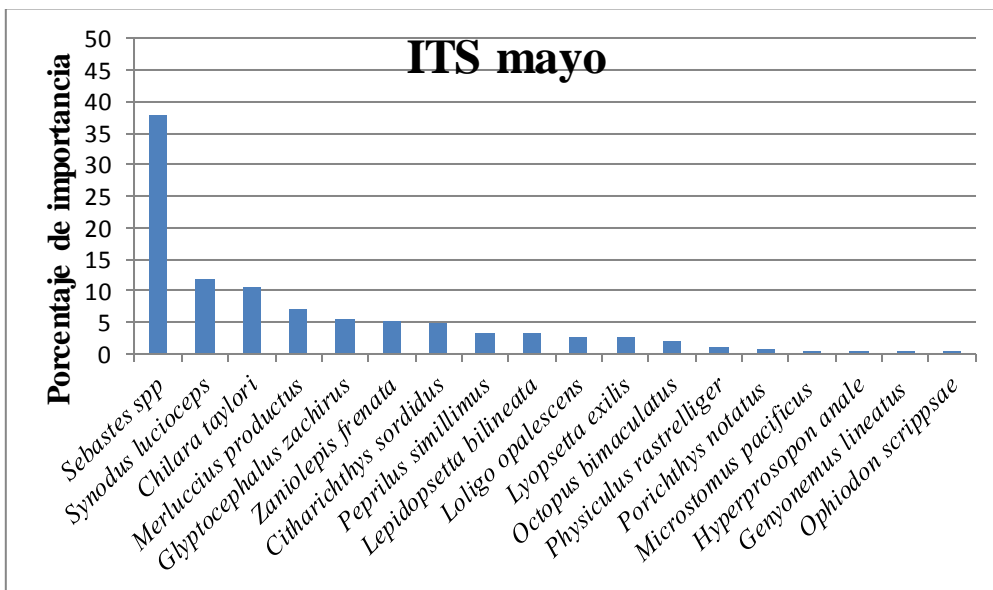


Figura 14.- Porcentaje de importancia de especies dentro de la dieta de la foca de puerto durante el mes de mayo para la Isla Todos Santos.

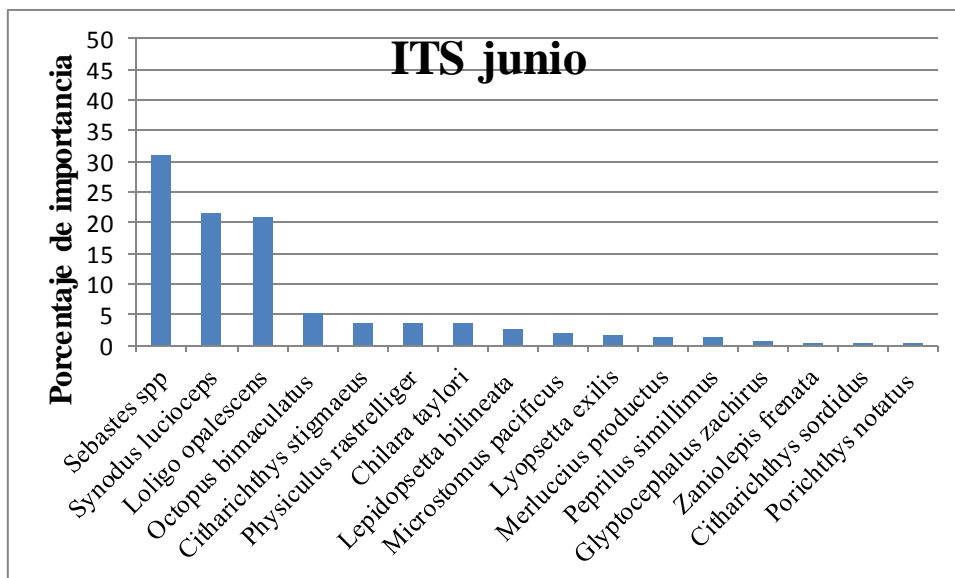


Figura 15.- Porcentaje de importancia de especies dentro de la dieta de la foca de puerto durante el mes de junio para la Isla Todos Santos.

En ambas localidades solamente entre 3 y 4 especies obtuvieron un valor superior al 10%. Estas especies constituyeron aproximadamente el 70% de la dieta (Tabla V). Algunos organismos como *S. lucioceps* en el EPB y *Sebastes spp.* en la ITS alcanzaron valores de hasta 46 y 37% de importancia, respectivamente. Dichos valores fueron los más altos que se encontraron en el estudio. De estas especies únicamente *S. lucioceps* mostró una importancia mayor al 10% en todos los casos (Figs. 12 a 15, Tabla V).

Tabla V. Principales especies consumidas por la foca de puerto durante los meses de mayo y junio, dentro de los dos sitios de descanso.

| Especie | EPB | | ITS | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | mayo | junio | mayo | junio |
| <i>Citharichthys stigmaeus</i> | - | 12.19 | - | - |
| <i>Chilara taylori</i> | - | - | 10.50 | - |
| <i>Loligo opalescens</i> | 12.96 | - | - | 20.82 |
| <i>Merluccius productus</i> | - | - | 7.03 | - |
| <i>Octopus bimaculatus</i> | 29.30 | 12.25 | - | - |
| <i>Peprilus simillimus</i> | 9.90 | - | - | - |
| <i>Sebastes spp</i> | - | - | 37.96 | 30.86 |
| <i>Synodus lucioceps</i> | 21.45 | 46.12 | 11.86 | 21.57 |
| Total | 73.61 | 70.56 | 67.35 | 73.26 |

De acuerdo a la Tabla V, durante el mes de mayo fueron necesarias 4 especies en el EPB para completar el 70% de importancia en el consumo de presas, sin embargo para la ITS se requirió de una 5ta especie para ello (*Glyptocephalus zachirus* con un IIMP= 5.48) e incluso se tuvieron que considerar especies como la merluza norteña (*Merluccius productus*) y *P. simillimus* con porcentajes menores a 10 para lograrlo. Sin embargo, durante junio se completó dicha proporción con solamente 3 especies.

En la Tabla VI se observa que de las 21 presas presentes, a lo largo de todo el estudio, 15 de ellas se encontraron en ambos sitios de descanso. Específicamente en mayo, 12 de ellas fueron consumidas por la foca de puerto en las dos áreas, así mismo durante el mes de junio, 12 presas se registraron en excretas de ambos sitios (Anexo).

Tabla VI. Listado de especies presa de la foca de puerto dentro de la BTS, en ambos sitios de estudio y para cada mes. Las cruces (x) muestran la presencia de la especie en cada zona, en donde E= EPB, I= ITS, N= Ninguna y A= Ambos.

| Especie | mayo | | | junio | | | Global |
|--------------------------------|------|-----|-----------|-------|-----|-----------|-----------|
| | EPB | ITS | Presencia | EPB | ITS | Presencia | |
| <i>Chilara taylori</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| <i>Citharichthys stigmaeus</i> | x | | E | x | x | A | A |
| <i>Citharichthys sordidus</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| <i>Engraulis mordax</i> | x | | E | x | | E | E |
| <i>Genyonemus lineatus</i> | x | x | A | x | | E | A |
| <i>Glyptocephalus zachirus</i> | | x | I | | x | I | I |
| <i>Hyperprosopon anale</i> | x | x | A | | | N | A |
| <i>Lepidopsetta bilineata</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| <i>Lyopsetta exilis</i> | | x | I | | x | I | I |
| <i>Merluccius productus</i> | | x | I | | x | I | I |
| <i>Microstomus pacificus</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| <i>Ophiodon scrippsae</i> | | x | I | x | | E | A |
| <i>Peprilus simillimus</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| <i>Physiculus rastrelliger</i> | | x | I | | x | I | I |
| <i>Porichthys myriaster</i> | x | | E | | | N | E |
| <i>Porichthys notatus</i> | | x | I | x | x | A | A |
| <i>Sebastes spp</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| <i>Synodus lucioceps</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| <i>Zaniolepis frenata</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| <i>Loligo opalescens</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| <i>Octopus bimaculatus</i> | x | x | A | x | x | A | A |
| Total | | | 12 | | | 12 | 15 |

Cabe resaltar que todas las especies se encontraron durante mayo en los sitios de descanso, sin embargo dos de éstas, la perca (*Hyperprosopon anale*) y el sapo aleta manchada (*Porichthys myriaster*), no se presentaron para el mes de junio (Tabla VI).

Las especies *Engraulis mordax* y *Porichthys myriaster* se encontraron como presas de la foca únicamente en el EPB (E); del mismo modo, *Glyptocephalus zachirus*, *Lyopsetta exilis*, *Merluccius productus* y *Physiculus rastrelliger* fueron específicas de ITS (Tabla VI).

8.5. Ecología trófica

El análisis multivariado sugirió que existe una diferencia significativa entre las presas que consume la foca de puerto del EPB y de la ITS, durante el mes de mayo ($R = 0.25$; $p < 0.05$; ANOSIM) y junio ($R = 0.23$; $p < 0.05$; ANOSIM) (Figs. 16 y 17). Se puede apreciar que existe una zona de traslape que corresponde a las especies que aparecieron como presas en ambos sitios.

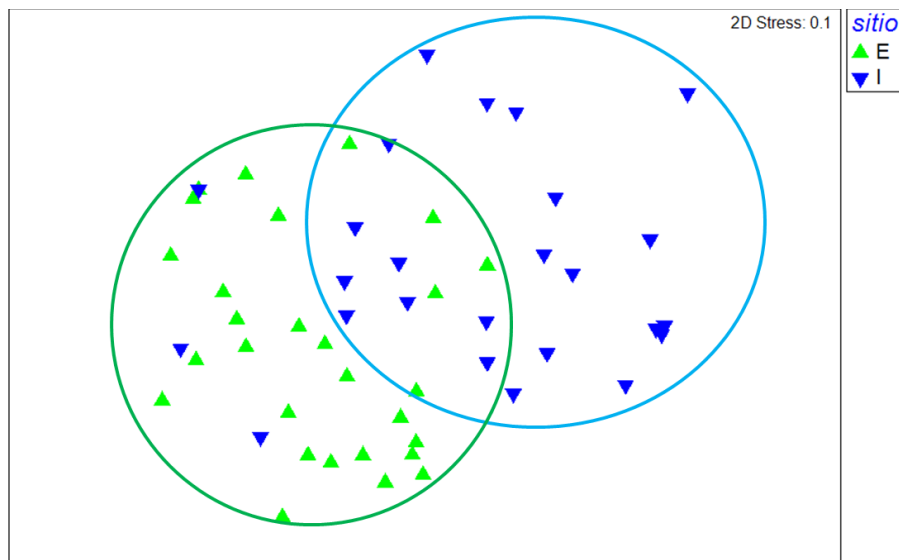


Figura 16.- Diagrama MDS que indica la disimilitud (diferencia) que existe entre las presas del EPB (triángulos verdes) y las de la ITS (triángulos azules) durante el mes de mayo ($R = 0.25$; $p < 0.05$; ANOSIM). Cada punto corresponde a una muestra (excreta) en la localidad.

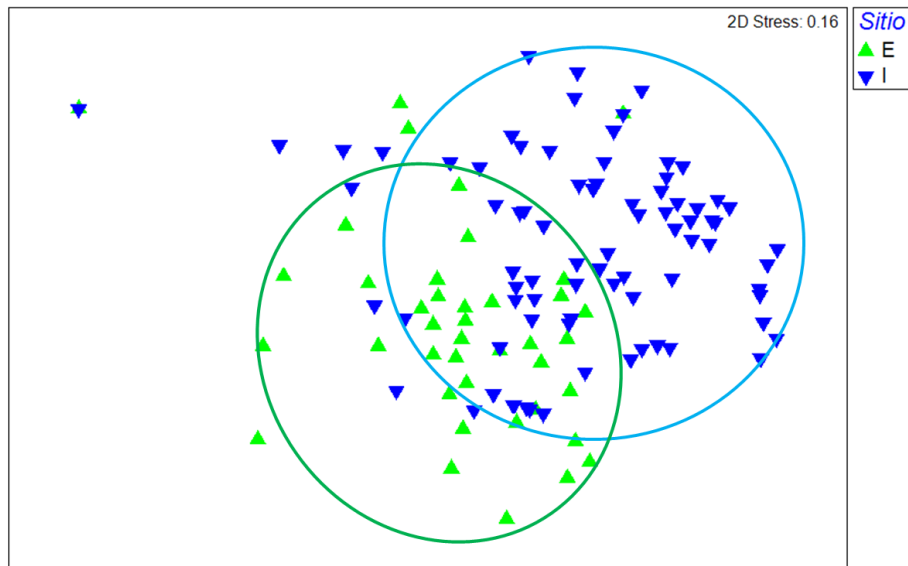


Figura 17.- Diagrama MDS que indica la disimilitud (diferencia) que existe entre las presas del EPB (triángulos verdes) y las de la ITS (triángulos azules) durante el mes de junio ($R = 0.23$; $p < 0.05$; ANOSIM). Cada punto corresponde a una muestra (excreta) en la localidad.

8.6. Amplitud trófica

En el caso de la plasticidad de la dieta de la foca de puerto, la Tabla VII muestra valores similares en ambos meses para la ITS, con un incremento en 0.02 de mayo a junio. Por su parte, el EPB muestra los valores más extremos; en primer lugar el mínimo durante el mes de junio con 0.21 y el valor más alto para mayo con 0.35, con una diferencia entre ambos de 0.14.

Con dichos resultados se obtuvo un promedio de amplitud trófica para la foca de puerto de 0.27 en la BTS.

Tabla VII. Valores de la amplitud trófica (AT) en la alimentación de la foca de puerto durante cada mes y sitio de muestreo (Estero de Punta Banda, EPB; Isla Todos Santos, ITS).

| | Amplitud Trófica | |
|------------|------------------|-------|
| | mayo | junio |
| EPB | 0.35 | 0.21 |
| ITS | 0.26 | 0.28 |

8.7. Ambientes explotados

Al considerar las áreas en las que se distribuyen las presas de la foca de puerto se observó que los sustratos con arena mostraron valores superiores al 19% de importancia en ambos sitios y durante los dos meses, con un mínimo de 19.4% en el EPB y un máximo de 29.1% para la ITS en el mes de junio (Fig. 19; Anexo).

El máximo valor registrado se observó en el EPB para el mes de junio (Fig. 19) con un 48.9% de importancia en el sustrato arena con grava. El mínimo se encontró de igual forma en el EPB para junio (Fig. 19) con un 0.8% de importancia hacia el sustrato de roca.

El sustrato menos frecuente para ambos sitios fue el fondo de lodo, con valores que varían entre 2.2% y 8.8%. De igual forma el ambiente pelágico fue poco frecuentado, con un mínimo de 5.7% en junio para la ITS y un máximo de 12.6% en el EPB durante mayo.

El sustrato más empleado dentro de la ITS fue el ambiente de roca, con un valor máximo de 38.9% de importancia en mayo, seguido de un 31.2% de junio.

El sustrato arena con roca fue importante únicamente para el EPB en el mes de mayo, con una importancia del 29.3% (Fig. 18).

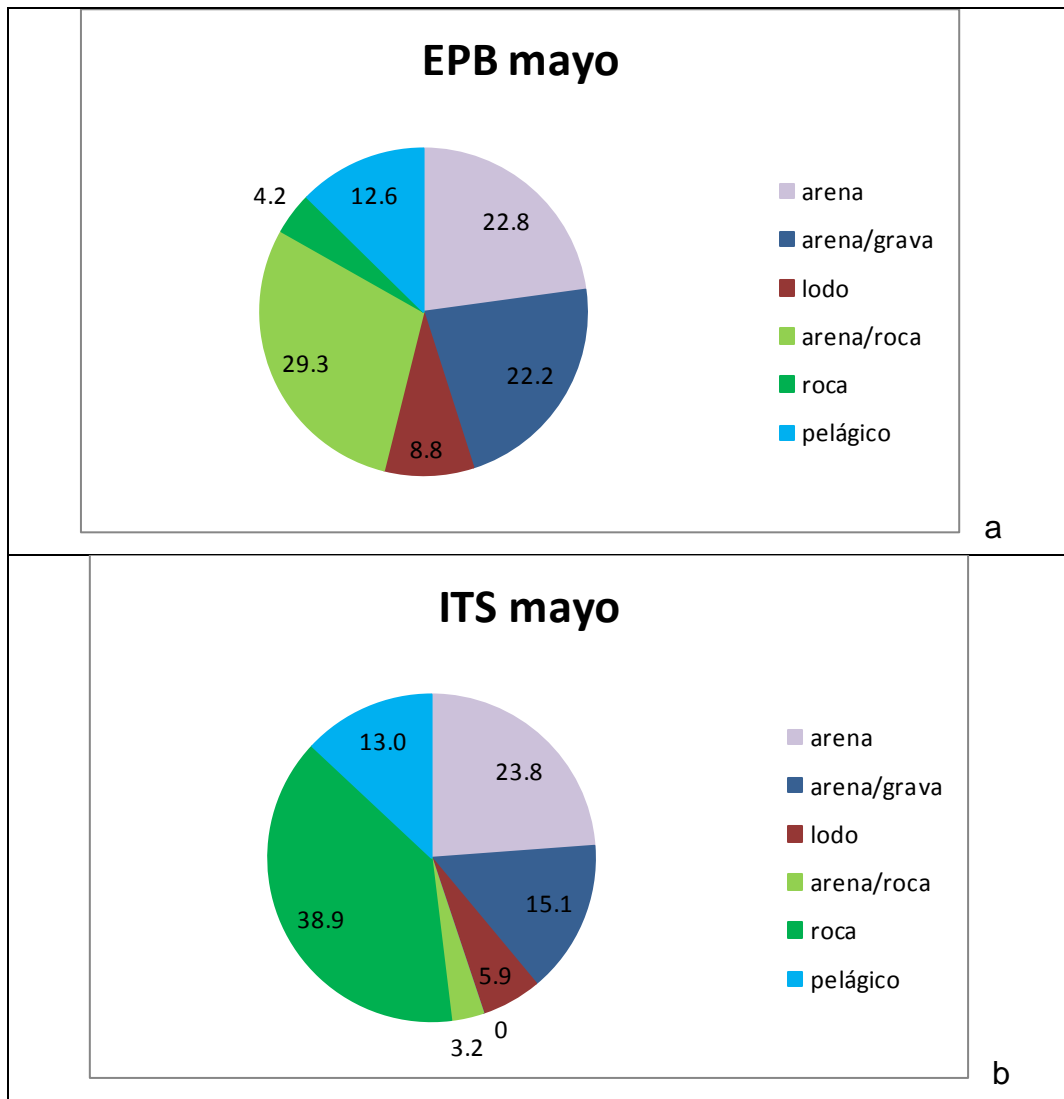


Figura 18.- Porcentaje de los ambientes explotados de acuerdo a la distribución de las presas consumidas por la foca de puerto durante mayo en a) el Estero de Punta Banda, EPB y b) la Isla Todos Santos, ITS.

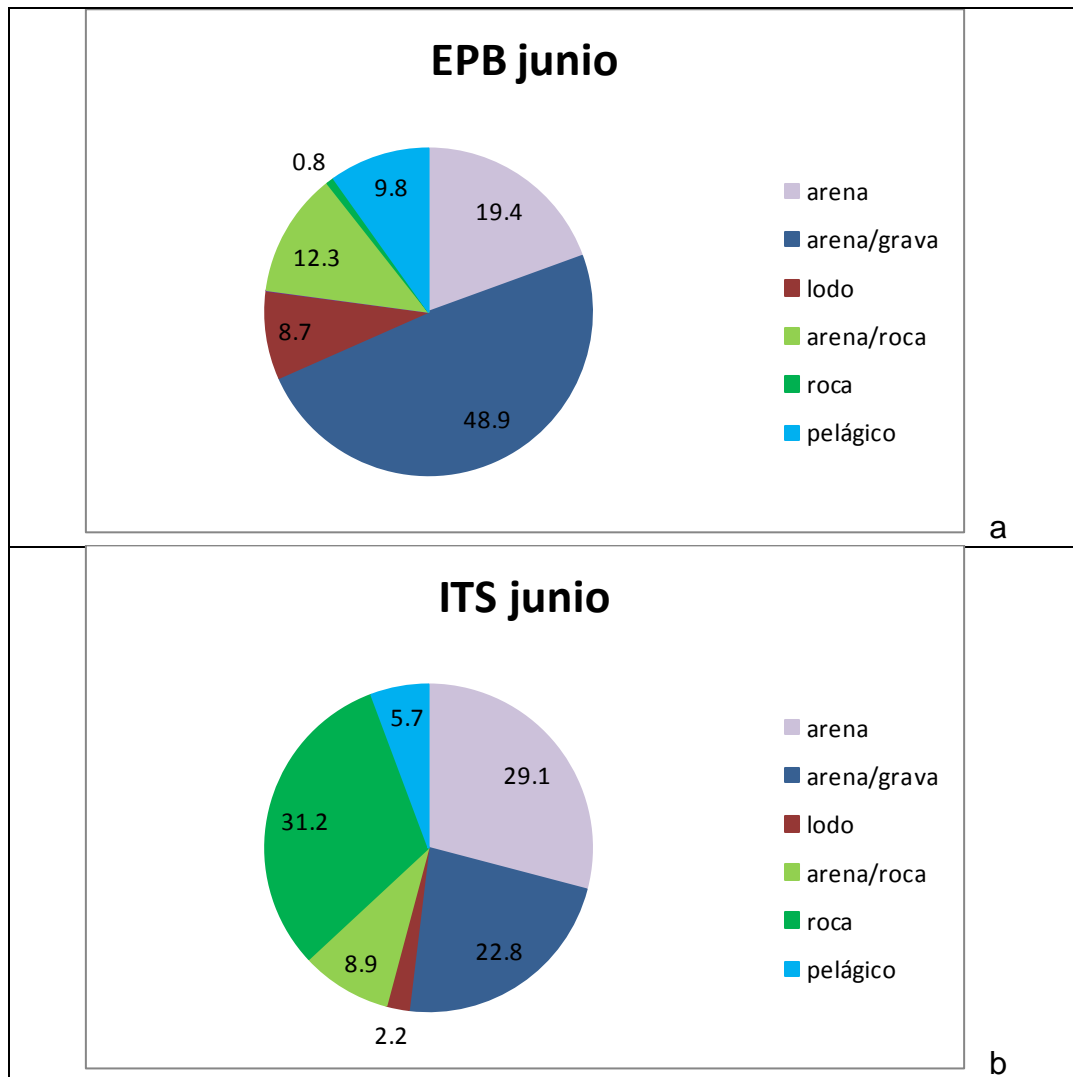


Figura 19.- Porcentajes de los ambientes explotados de acuerdo a la distribución de las presas consumidas por la foca de puerto durante junio en a) el Estero de Punta Banda, EPB y b) la Isla Todos Santos, ITS.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de presas en los diferentes ambientes entre el EPB y la ITS, tanto en el mes de mayo (prueba de bondad de ajuste, $\chi^2=316$, g.l.=6, $p<0.05$) como el de junio (prueba de bondad de ajuste, $\chi^2=1121$, g.l.=6, $p<0.05$).

8.8. Nivel trófico

El EPB presentó los valores más extremos de nivel trófico (NT), con un mínimo de 4.46 en mayo y un máximo de 4.89 en el mes de junio. En la ITS las diferencias fueron mínimas (0.02 unidades) y variaron entre 4.55 en mayo y un 4.57 en junio. Con estos resultados se obtuvo un valor promedio de nivel trófico para la foca de puerto igual a 4.61 en la BTS (Tabla VIII; Anexo).

Tabla VIII. Nivel trófico (NT) de la foca de puerto en función de las presas consumidas durante los meses de mayo y junio dentro del EPB y la ITS.

| | NT | |
|-----|------|-------|
| | mayo | junio |
| EPB | 4.46 | 4.89 |
| ITS | 4.55 | 4.57 |

9. Discusión

Los hábitos alimentarios de la foca de puerto han sido descritos en diferentes costas, a lo largo de la distribución de la especie en el hemisferio norte (Behrends, 1982; Harvey, 1988; Payne y Selzer, 1989; Lowry *et al.*, 1991; Harvey y Torok, 1994; Harvey *et al.*, 1995; Trumble, 1995; Thompson *et al.*, 1996; Tollit *et al.*, 1998). El método actual utilizado, debido a la abundancia y facilidad de obtención de muestras, con el menor grado de perturbación de las colonias de pinnípedos, es la colecta y tamizado de excretas. Así se obtienen otolitos sagita y picos de cefalópodos, estructuras duras con las que se puede identificar al organismo a nivel de especie (Lowry, 2011), y que además resisten la degradación al pasar por el tracto digestivo (Lance *et al.*, 2001). Hasta ahora, en las costas de México se ha realizado únicamente un estudio de la descripción de la dieta de la foca de puerto (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013), el cual se llevó a cabo en Isla Natividad, B.C.S., por lo tanto el presente estudio de hábitos alimentarios de la subespecie *P. v. richardsi* es el segundo realizado en México y el primero para la costa de Baja California.

9.1. Esfuerzo de campo

La colecta de muestras se realizó durante la primavera en ambos sitios, entre el 30 de abril y el 22 de junio (Tabla II), época que correspondió con la temporada de muda para la zona (Lubinsky-Jinich, 2010, Fernández-Martín, 2012), que a su vez fue considerada por Fernández-Martín (2012) como el periodo óptimo para la estimación de abundancia en el EPB, es decir, cuando más individuos se congregan en tierra.

A pesar de que algunos autores mencionan al traslape entre la época de reproducción y la muda (debido a la mayor presencia de organismos en tierra) como la mejor época para realizar estudios de la foca de puerto (Boness *et al.*, 2006; Stewart y Yochem, 1994), e incluso, para las costas de México, Lubinsky-Jinich (2010) observó la mayor abundancia de la especie durante la época reproductiva (correspondiente a invierno). La colecta del presente trabajo se realizó durante el periodo de muda, ya que es probable que dicha temporada sea la época del año en que más fácilmente se puede encontrar una gran cantidad de excretas en tierra; la explicación a ello puede ser el

comportamiento de alimentación de los organismos durante y después de la temporada reproductiva (Bowen *et al.*, 1992; Walker y Bowen, 1993).

Se ha observado que tanto hembras como machos pierden una gran cantidad de energía durante la reproducción (entre 23 y 33% de su peso), la cual deben compensar previamente a la muda (Bowen *et al.*, 1992; Walker y Bowen, 1993). Para ello se ha observado que las hembras, tanto en la foca de puerto como en la foca gris (*Halichoerus grypus*), incrementan su actividad en el agua, en áreas cercanas a la zona de descanso, para la búsqueda y consumo de alimento posterior al destete de las crías (Beck *et al.*, 2003; Thompson *et al.*, 1989), por lo cual existe mayor probabilidad de encontrar excretas en las zonas de descanso durante el periodo de muda. Así mismo, cabe mencionar que durante otras épocas las focas tienden a permanecer más tiempo en el agua y a alimentarse fuera de la costa, por lo cual las muestras pueden ser escasas y la colecta es difícil (Harvey, 1988).

Se observó para ambas zonas de estudio que el número de muestras varió entre los días de colecta. Por un lado, en el EPB se encontraron entre 0 y 27 excretas por día; de los cuales el 8 de junio (Tabla II) presentó el mayor número de muestras, lo que correspondió con la fecha tope de muda sugerida por Fernández-Martín (2012). El número de excretas disponibles se redujeron en abundancia conforme concluyó la época de muda, fenómeno que se relacionó directamente con la disminución de focas en tierra. En este caso el 22 de mayo, fecha en la que no se encontraron muestras (Tabla II). Aunque también pudo deberse a factores ambientales, ya que las focas no salen a tierra bajo ciertas condiciones como lluvia, vientos fuertes y cielos con alta nubosidad (Boveng *et al.*, 2003), o a la agrupación de las mismas en un sitio distinto para aquel día en particular, debido a la preferencia por áreas con mayor protección y menor perturbación humana dentro del cuerpo costero (Arias-del-Razo, 2011).

En el caso de la ITS se realizó el primer muestreo el último día de abril debido a cuestiones ajenas al proyecto; no obstante, dichas muestras se consideraron para el mes de mayo con la finalidad de comparar entre localidades; en parte por la cercanía entre fechas, así como la consideración de

que el cambio en el ambiente no fuese tan drástico en un lapso de tiempo tan corto. Esta fecha representó la mayor colecta para ambos sitios, con un total de 45 excretas (Tabla II) lo cual se relacionó al mayor número de focas en el sitio de muestreo. De igual manera cabe resaltar que el número de excretas en la ITS durante junio disminuyó al igual que en el EPB hacia finales del mes, conforme la temporada de muda terminó seguido del decremento en el número de individuos en tierra (com. pers. Fernández-Martín¹).

Se puede observar en la Tabla I que el número de muestras colectadas para el EPB fue menor que en la ITS por 33 excretas, sin embargo el esfuerzo de campo fue mayor con el doble de fechas de muestreo (con 8 colectas para el EPB y únicamente 4 para la ITS). Esto se debió a la diferencia en el número de organismos en uno de los sitios. Por un lado, en la ITS se ha encontrado un máximo de 402 focas de puerto, en cambio en el EPB se han registrado únicamente hasta 81 individuos (Fernández-Martín, 2012). Por lo tanto, en la isla se incrementa la probabilidad de encontrar excretas, e incluso permitió que en una sola fecha se colectaran en su totalidad las muestras de mayo, como lo muestra la Tabla II.

Respecto a la pérdida de estructuras duras se ha reportado previamente que la digestión de las presas con otolitos frágiles o muy pequeños puede disminuir drásticamente y representar solamente entre el 24 y 35% de los organismos ingeridos, mientras que otolitos más robustos son difíciles de digerir, por lo que la pérdida es mínima (Harvey 1988). En el caso de los cefalópodos, algunos autores describen el almacenamiento de los picos dentro del tracto digestivo (Jobling y Breiby, 1986). Así mismo, el método utilizado en este trabajo no permite la estimación y descripción de algunos invertebrados cuyos tejidos son completamente digeridos sin proporcionar rastros identificables en las excretas (Harvey, 1988; Payne y Selzer, 1989; Lowry *et al.*, 1991; Harvey y Torok, 1994; Harvey *et al.*, 1995; Trumble, 1995; Thompson *et al.*, 1996; Tollit *et al.*, 1998). La combinación de estos factores se relacionó fuertemente con la pérdida de estructuras duras en el 30% de las excretas que

¹ M.C. Eva María Fernández-Martín, estudiante de doctorado del posgrado en Ecología Molecular y Biotecnología de la Universidad Autónoma de Baja California, quien realizó censos de la *P. v. richardsi* en la Isla Todos Santos durante 2013.

se encontraron en los sitios de descanso (tablas III y IV). En el caso particular de la ITS en junio (Tabla IV), cuyas excretas mostraron estructuras duras en el 93.18% de las muestras, la menor pérdida pudo relacionarse al consumo de peces con otolitos más robustos (Harvey 1988).

Respecto al tamaño mínimo de muestras requerido para cada sitio de descanso también se encontraron variaciones. Dentro del estudio todas las curvas acumulativas de presas alcanzaron la asíntota de especies, pero con un número diferente de excretas. En el EPB se requirieron entre 23 y 37 heces para llegar a la asíntota de 15 especies para ambos meses (Fig. 6) por lo cual una colecta de 40 muestras sería suficiente para estimar a las especies consumidas por la foca de puerto en este sitio. Por su parte, en la ITS el número ascendió a 23 muestras para el mes de mayo con 18 especies; no obstante, fueron requeridas 50 excretas durante junio para alcanzar las 16 especies (Fig. 6). Esto indica que para la ITS, por ser un ambiente rocoso rodeado de bosques de macro algas (Quintanilla-Montoya, 1984) se presentó una mayor diversidad de presas (Howard, 2009, Payne y Selzer, 1989; Härkönen, 1987 en Payne y Selzer, 1989), por lo que se sugiere una colecta de muestras de aproximadamente 50 excretas.

En el caso de la ITS no solamente la variación en el número de especies denotó un consumo con mayor diversidad de presas; también el IIMP durante mayo requirió de la suma del porcentaje de importancia de más de 4 especies para alcanzar el 70% de la dieta, lo que indicó una dispersión en el consumo de presas de la zona, fenómeno que no se registró en el EPB (Fig. 14 y Tabla V). Al existir un mayor número de posibles presas en la ITS, la competencia por captura de un mismo sitio de descanso se ve reducida. Esto puede reflejarse directamente en la mayor abundancia de focas dentro de la ITS, a comparación del EPB, donde el número de especies es más limitado, por lo cual el sistema no puede sostener al mismo número de individuos.

9.2. Presas consumidas

Para el presente estudio se identificaron las especies presas de la foca de puerto en la BTS en la época de muda del 2013, y se estimó la importancia que éstas representaron en su dieta a partir del análisis de estructuras duras.

Se utilizó el método descrito por Lance y colaboradores (2001) que ha sido empleado previamente por otros autores para conocer los hábitos alimentarios de pinnípedos como la foca gris, el lobo marino de California y la foca de puerto (Harvey, 1988; Payne y Selzer, 1989; Lowry *et al.*, 1991; Harvey y Torok, 1994; Harvey *et al.*, 1995; Trumble, 1995; Thompson *et al.*, 1996; Tollit *et al.*, 1998; García-Rodríguez, 1999). Varios estudios recalcan que, para la estimación de la biomasa consumida, es importante considerar la pérdida y disminución en el tamaño de otolitos sagita a través del tracto digestivo de los depredadores, proceso que puede conllevar a la sobre estimación de otolitos más robustos difíciles de digerir y la subestimación de otolitos más frágiles. Así mismo, el almacenamiento de picos de cefalópodos en el intestino de las focas de puerto puede generar la subestimación en la importancia de este grupo dentro de la dieta (Harvey 1987; Harvey 1988; Jobling y Breiby, 1986). Para disminuir dicho error, asociado al método, se han desarrollado modelos para cada especie de presa, a partir de la alimentación de focas de puerto en cautiverio, que permiten establecer factores de corrección ante la pérdida de estructuras duras (Harvey 1988). En México únicamente se ha reportado para la Isla Natividad, Baja California Sur, un trabajo sobre la dieta de la foca de puerto (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013) por lo que es prioridad determinar la dieta de *P. v. richardsi* en las costas mexicanas, previo a los análisis de biomasa ingerida.

Con base en el análisis de estructuras duras en excretas se encontró que los peces óseos, representaron un mayor porcentaje de importancia que los cefalópodos dentro de la dieta de la foca de puerto (Fig. 7), con un máximo de 93% durante mayo en la ITS y un mínimo de 62% en mayo dentro del EPB, sin que el valor de los cefalópodos lo sobrepasara (38%). Esto cataloga a la especie como un depredador principalmente ictiófago; categoría en la que se le había colocado por varios autores para las diversas costas en las que la especie se distribuye (Payne y Selzer, 1989; Harvey y Torok, 1994; Harvey *et al.*, 1995; Trumble, 1995; Thompson *et al.*, 1996; Harvey, 1988; Lunneryd, 2001). A diferencia del resto de los trabajos realizados en otras regiones, en el presente estudio se encontró un consumo de cefalópodos muy marcado. Diversos autores han resaltado la preferencia de hasta el 90% en el consumo de peces óseos. Pauly y colaboradores (1998) asignaron valores de 10% de

consumo tanto en pulpos como en calamares. Andersen y colaboradores (2004) incluso señalan como despreciable a los invertebrados dentro de la dieta de la foca de puerto en Noruega. Así mismo Behrends (1982) señala que el consumo de invertebrados en Schleswig-Holstein, Alemania, se limita a focas juveniles que se alimentan de diversos camarones. A su vez esto se ha observado en otras especies de focas, como la foca barbada (*Erignathus barbatus*), especie de la cual el grupo de cefalópodos se consideró como presa poco significativa; más aún para los casos de la foca anillada (*Phoca hispida*) y la foca listada (*Histiophoca fasciata*) no se reportó el consumo de estos invertebrados (Dehn, *et al.*, 2007). En el caso de la BTS se encontró que tanto *O. bimaculatus* como *L. opalescens* se ubicaron dentro de las principales presas consumidas.

Debido a su amplia distribución a lo largo de todos los océanos del hemisferio norte (Reeves *et al.*, 2002) existe una gran diversidad de posibles presas para la foca de puerto. Los diferentes trabajos relacionados con los hábitos alimentarios de las subespecies de *P. vitulina* han descrito una gama extensa de las especies consumidas, de las cuales se ha indicado la preferencia por organismos bentónicos (Harvey *et al.*, 1995; Payne y Selzer, 1989), principalmente lenguados (Thompson *et al.*, 1996; Lunneryd, 2001), rocotes (NMFS, 1997) y piones (Thompson *et al.*, 1996; Tollit *et al.*, 1998). A pesar de que no se encontraron las mismas especies descritas para otras regiones (tanto en importancia como en presencia), la foca de puerto en la BTS se alimentó de organismos pertenecientes, o muy similares, a estos grupos mencionados; ejemplos de esto fueron *C. stigmaeus*, *C. sordidus* (lenguados), *C. taylori*, *S. lucioiceps* (similares a los piones) y el género *Sebastes* (rocotes) (Tabla VI).

9.3. Frecuencia de ocurrencia e Índice de Importancia

De las 21 especies consumidas dentro de la BTS se observaron en todo el estudio 15 especies en común entre el EPB y la ITS (Tabla VI); sin embargo, de acuerdo al comportamiento mensual se encontró que sólo 12 presas se consumieron en ambos sitios y en el mismo mes. Esto pudo relacionarse a la distribución similar de las mismas tanto en el EPB como la ITS, o a las

migraciones de las especies dentro de la bahía en diferentes épocas, principalmente al considerar que el EPB es un cuerpo costero somero que sirve como zona de reproducción y crecimiento de organismos que, posterior a su desarrollo, se redistribuyen a lo largo de la bahía (Rosales-Casián, 1997).

Para el caso de la distribución similar entre ambos sitios un ejemplo clave fue *S. lucioceps*, especie que, además de encontrarse en ambos sitios de descanso a lo largo de los meses de colecta (Tabla VI), mostró la mayor importancia dentro del estudio con un IIMP de 46% en el EPB durante junio (Tabla V, Fig. 13) y se encontró en 75.6% (n=31) de las excretas con estructuras duras de dicho mes (n=41) (Fig. 9). Además, fue la única presa con valores superiores al 10% en ambos sitios y meses (Tabla V). Esta especie tiene un margen de distribución entre 1 y 229 m de profundidad, con preferencia entre los 2 y 50 m (Froese y Pauly, 2000). Se caracteriza por ser una especie bentónica que se desplaza en zonas de arena y arena con grava, con una dispersión en parches alrededor de áreas rocosas. Esta especie puede ser muy importante dentro de la dieta de la foca de puerto en el área, sin importar las diferencias regionales, estacionales y anuales, ya que presenta hábitos similares a otros organismos, como los piones, cuya importancia superior al 55% de la dieta de la *P. vitulina* fue establecida en otros trabajos (Payne y Selzer, 1989; Thompson *et al.*, 1996).

Respecto al segundo caso de similitud de especies dentro de la dieta de la foca de puerto en la BTS (debido a la migración), se observa que *L. opalescens* se colocó como una de las cuatro principales presas en mayo dentro del EPB, con un IIMP igual a 12.96% (Tabla V, Fig. 12). Posteriormente se observó una disminución de aproximadamente el 50% de importancia en este sitio, con un valor igual a 6.27% para junio (Fig. 13). El caso contrario fue la ITS, en donde se presentó un menor consumo de *L. opalescens* durante mayo, con 2.79% en el IIMP (Fig. 14), seguido de un aumento al 20.82% para junio (Tabla V, Fig. 15); que se puede relacionar, a su vez, con el número de excretas que presentaron dicha presa, al ser la estructura dura con mayor frecuencia de ocurrencia (n=52), encontrada en 63.4% de las muestras (n=82) de esa temporada (Fig. 11). Se ha reportado que la presencia de cefalópodos, tanto de pulpos como calamares, en un sistema puede ser temporal pero muy

marcada, lo cual a su vez influye fuertemente en el descenso del número de peces presentes en la región (Rodhouse y Nigmatulling, 1996). Dicha temporalidad en las poblaciones de cefalópodos dentro de un sistema se debe a migraciones con fines reproductivos hacia zonas someras, seguido de un movimiento hacia aguas profundas (Rodhouse y Nigmatulling, 1996). Por otro lado, algunos autores han observado el mayor consumo de calamares durante diferentes épocas del año por parte de la foca de puerto. Payne y Selzer (1989) encontraron dicha preferencia durante el invierno, mientras que Trumble (1995) encontró que durante primavera, previo a los nacimientos el consumo de especies costeras como *O. bimaculatus* y *L. opalescens* aumenta debido al incremento de cefalópodos, asociados a la época de reproducción de estas dos especies.

Otra especie que pertenece al grupo de los cefalópodos y que mostró un comportamiento similar fue *O. bimaculatus*; esta presa se consumió principalmente durante mayo dentro del EPB, alcanzó el mayor IIMP con un valor de 29.3% (Tabla V, Fig. 12), así como el mayor valor de frecuencia de ocurrencia, al encontrarse en el 46.8% de las muestras (n= 15 de 32). Sin embargo, durante junio su importancia disminuyó al 12.25% (Tabla V, Fig. 13) y no presentó un valor superior del IIMP en la ITS. De igual forma se sugiere que estos cambios en la composición de la dieta puedan deberse a migraciones de pulpos y al dinamismo de estas poblaciones en su época de reproducción (Rodhouse y Nigmatulling, 1996). Por lo tanto, se puede llegar a considerar una presa importante de la foca de puerto en función de la presencia alrededor de los sitios de descanso, principalmente dentro del EPB.

En el caso de la ITS el género *Sebastes* spp. mostró, para ambos meses, la mayor importancia para este sitio de descanso. En mayo el valor del IIMP de estas presas llegó a 37.96% (que a su vez representó la mayor importancia dentro del estudio para la ITS) (Tabla V, Fig. 14) y se encontró en 51.42% de las excretas con estructuras (n=18 de 35) (Fig. 10). Para el caso de junio el género se colocó en segundo lugar en frecuencia de ocurrencia, al encontrarse en el 52.4% de las 82 muestras (n=43), precedido por *L. opalescens* (Fig. 11). Sin embargo, para ese mes, el valor del IIMP fue nuevamente el más alto con 30.86% (Tabla V, Fig. 15). Dicha importancia ya se

había señalado por Trumble (1995), quien determinó que *Sebastes* y *C. taylori* fueron las presas principales en el estudio en las costas de Monterey Bay, California. Así mismo se ha reportado que el género *Sebastes* puede abarcar más del 50% de la dieta en zonas rocosas rodeadas de macro algas (NMFS, 1997). Por otro lado, Harvey (1987) mencionó la preferencia por algunas especies de mayor profundidad, en sitios alejados de la costa, como son *M. productus* y especies dentro del género *Sebastes*, presas que se encontraron con altos porcentajes de importancia dentro de la ITS.

A pesar de que el género *Sebastes* se halló en muestras de ambos sitios (Tabla VI) y representó gran importancia dentro de la dieta de la foca de puerto para la ITS (Figs. 14 y 15), éste fue poco significativo para el caso de las excretas del EPB. Se observó que en las muestras de este sitio, en el mes de mayo, solamente se encontró registro dentro de una excreta (Fig. 8), lo que representó menos del 0.2% de importancia (Fig. 12). Durante el mes de junio se encontraron otolitos de *Sebastes* spp. en el 14.63% de las 41 heces (n=6) (Fig. 9); sin embargo, a pesar de encontrarse en un mayor número de excretas se obtuvo un valor del IIMP de 0.72% (Fig. 13). Este es un ejemplo clave que presenta la posibilidad de diferencias en las áreas de alimentación entre ambos sitios de descanso, a pesar de encontrarse en zonas cercanas.

En el presente estudio se observó que la frecuencia de ocurrencia de las especies fue directamente proporcional a su IIMP (figuras 7 a 11 y figuras 12 a 15); sin embargo, algunas especies dentro de la ITS, pese a encontrarse en muchas excretas, presentaron valores de importancia bajos. Ejemplo de esto fue *C. taylori*, especie que se encontró en segundo lugar en la frecuencia de ocurrencia durante el mes de mayo, al presentarse en 9 de las 35 muestras con estructuras duras (Fig. 10), no obstante su valor de importancia no alcanzó el 10% (Fig. 14). El mejor representante de dicho caso fue *L. opalescens*, especie que se colocó en primer lugar de frecuencia de ocurrencia, al encontrarse en 52 de las 82 durante junio (Fig. 11); sin embargo, debido a su valor de IIMP, se ubicó en tercer lugar por debajo del género *Sebastes* y la especie *S. lucioceps* (Fig. 15). Esto indica que existen especies que sirven como alimento para un gran número de individuos, pero el consumo, a comparación de otras presas, es menor. Esto podría ser un reflejo en el cambio mensual y anual dentro del

ecosistema, en donde la foca de puerto se alimenta de diversas presas en función de la presencia de éstas (Payne y Selzer 1989), así como por los requerimientos energéticos que varían entre estaciones, por lo cual el impacto en las poblaciones presa puede variar (Howard, 2009).

Otro aspecto que reforzó el aparente cambio en la alimentación y que, al igual que otros autores, puede colocar a la foca de puerto como una especie oportunista con una gran plasticidad en su dieta (Riemer y Mikus, 2006), es el cambio en el número de presas importantes de acuerdo a cada mes. En ambos sitios de estudio durante mayo se requirió la suma de 4 especies para lograr el 70% de importancia en la alimentación, e incluso para la ITS dicho valor no se alcanzó, para lo cual requirió de una quinta especie; mientras que para junio se consideraron 3 especies, cuyo valor fue superior al 10%, con lo que se acumuló el 70% de la dieta (Tabla V). Esto puede indicar diferencias en la importancia de las presas principales y variaciones en las presas objetivo a lo largo del tiempo, por lo que la subespecie *P. v. richardsi* debe de tener la facilidad de modificar su dieta de acuerdo a los cambios en la estructura de la comunidad (Payne y Selzer, 1989). Por otro lado, se observó que la foca de puerto puede alimentarse de algunas presas que no se encuentran en su dieta general, cuyo IIMP es bajo y que no se presentan de manera constante a lo largo del tiempo; ejemplo de esto es la especie *H. anale*, con registro en el mes de mayo en ambos sitios (Tabla VI), con una frecuencia de ocurrencia en 2 muestras en el EPB (Fig. 8) y solamente 1 muestra dentro de la ITS, con valores de importancia igual a 0.29% en el EPB (Fig. 12) y 0.17% en la ITS (Fig. 14). De igual forma, *P. myriaster* se encontró únicamente en el EPB en el mes de junio (Tabla VI); esta presa se presentó en 2 muestras (Fig. 8) y representó el 4.16% de importancia (Fig. 12).

9.4. Ecología trófica

Existen varios trabajos que señalan el área de dispersión abarcada por la foca de puerto con fines alimentarios respecto a la distancia de su sitio de descanso (radio de alimentación). A pesar de que se ha mostrado en otras regiones como Escocia con movimientos de hasta 30 km de su zona de descanso (Tollit *et al.*, 1998) e incluso se ha visto en Oregon que las focas

pueden alternar entre sitios de descanso cercanos (Thompson *et al.*, 1996), también se han reportado distancias muy cortas en California de entre 8 km (Harvey, 1998) y 5.6 km, con mayor frecuencia a los 2 km de distancia (Suryan y Harvey, 1998). Al comparar estadísticamente las excretas del EPB y las de la ITS se observó que durante mayo, de acuerdo a la Fig. 16, existió un traslape entre ambas zonas; pero se mostraron diferencias en la alimentación entre ambos sitios de descanso ($P=0.0025$), a pesar de que algunas muestras de la ITS presentaron las mismas especies que el EPB (Tabla VI). De igual forma, durante junio (Fig. 17), las excretas mostraron similitud entre ambos sitios (Tabla VI), e inclusive en algunas no se presentó composición similar al resto de las excretas que se obtuvieron en las zonas; sin embargo se apreciaron diferencias estadísticas ($P= 0.0023$), que demostraron la variación en la alimentación de la foca de puerto en función del sitio de descanso en el que se encontraron (Tollit *et al.*, 1998). Esto sugiere que, a pesar de las similitudes y la corta distancia entre sitios de descanso, las focas se alimentan en los dos lugares por separado. Por su parte las similitudes entre las presas de ambos sitios puede deberse al consumo de especies cuya distribución es semejante entre ambas áreas (Tabla VI), así como la variación de las mismas debido a la migración de las especies presa entre zonas (Hammann y Rosales, 1990; Rosales-Casián, 1997).

9.5. Ambientes explotados

El análisis de las excretas mostró que la mayoría de los organismos presa de la foca de puerto son especies bentónicas (figuras 18 y 19). Esto se ha descrito previamente por varios autores, quienes corroboraron sus resultados de áreas de alimentación con el uso de radiotransmisores que colocaron en las focas para conocer su dispersión y la profundidad de alimentación (Payne y Selzer, 1989; Harvey y Torok, 1994; Harvey *et al.*, 1995). Entre los trabajos resalta el de Tollit y colaboradores (1998), quienes describieron una variación en el buceo principalmente entre los 10 y 50 m de profundidad, con la mayor frecuencia hacia fondos de sedimento arenoso, en las costas de Escocia. De igual manera Coltman y colaboradores (1997) señalaron que los machos de la foca común presentan una tendencia marcada hacia inmersiones con profundidades mayores a los 20 m durante la época no

reproductiva, seguido de recuperaciones cortas en superficie. Esto puede relacionarse con procesos fisiológicos y adaptaciones evolutivas en el comportamiento de los mamíferos marinos, asociados al ambiente marino. Se ha observado que las inmersiones más eficientes para todos los mamíferos marinos se encuentra dentro de sus límites de buceo aerobio. La tendencia generalizada es de realizar buceos profundos con recuperaciones rápidas en superficie; esto les permite maximizar el tiempo sumergidos y dedicar más tiempo a la búsqueda de alimento. En el caso de las focas se ha observado un límite en el buceo aerobio entre los 16 y 18 minutos. Esto implica una menor inversión de energía en el buceo, por lo tanto se mantiene un nivel positivo energético que se emplea en el crecimiento, reproducción y salud de los individuos (Davis, 2014). Por otro lado, el buceo profundo (mayores a 20 m) permite durante el descenso la compresión de los pulmones, lo que genera una transición entre flotabilidad positiva hacia negativa, esto provoca que el individuo se hunda sin necesidad de aletear y se deslice con facilidad en agua más profunda, por lo tanto se minimiza el consumo de energía (Davis, 2014).

Para esta zona, y de acuerdo a las presas consumidas, se encontró que los ambientes de arena fueron altamente frecuentados, a la vez que el ambiente pelágico fue poco explotado en ambos sitios y durante ambos meses (figuras 18 y 19). En el caso del EPB, en el mes de mayo, todos los sustratos que presentaron mezcla con arena fueron utilizados, con un porcentaje similar, entre 22.2% y 29.3% (Fig. 18); esto se relacionó directamente con el consumo de presas como lenguados y *S. lucioceps*, pero principalmente al alto valor de IIMP de *O. bimaculatus* (Tabla V, Fig. 12). Por su parte, la roca se consideró el sustrato con menor frecuencia, con un valor de 4.2%, lo cual correspondió al bajo consumo de especies como las del género *Sebastes* spp. (figuras 8 y 9, 12 y 14). De igual forma, para el mes de junio el uso del sustrato arena/grava incrementó al 48.1%, lo cual se reflejó debido al alto consumo de *S. lucioceps* (Tabla V, Fig. 13), mientras que el sustrato roca disminuyó a ser prácticamente 0% (Fig. 19). En cambio, en la ITS el sustrato roca se colocó en primer lugar tanto en mayo, con un valor de 38.9% de importancia (Fig. 18), como en junio, con 31.2% de ocurrencia (Fig. 19); sin dejar de lado los fondos de arena con 23.8% de importancia para mayo (Fig. 18) y 29.1% (Fig. 19). Esto se debe

principalmente al consumo de especies del género *Sebastes* spp. que se encuentran en zonas arrecifales rodeados de bosques de macroalgas, así como el aprovechamiento de lenguados, cefalópodos y organismos como *S. lucioiceps* y *C. taylori* (Tabla V, figuras 14 y 15). La preferencia marcada por organismos bentónicos de lento movimiento (Harvey, 1995) se puede relacionar a una menor inversión energética en la captura de presas. Esto genera un balance energético positivo, al enfocar tiempo de inmersión en la búsqueda de presas en los diferentes sustratos, en lugar de la persecución de organismos veloces dentro de la columna de agua.

Con la comparación estadística, se encontraron diferencias significativas en el tipo de sustrato utilizado entre ambas localidades. Esto se debe a la diversidad de presas que se consumieron en ambas zonas, principalmente a las especies con mayor IIMP, como el género *Sebastes* spp. y *S. lucioiceps* (Tabla V), así como a las presas no compartidas entre regiones (Tabla VI). Esta separación alimentaria entre zonas de roca y arena ya habían sido mencionada por Payne y Selzer (1989), quienes reportaron que, debido a la mayor diversidad de presas en las regiones rocosas, se mostraban dietas distintas entre regiones con características diferentes. De igual forma se observó en el presente estudio un mayor número de especies en las excretas de la ITS, con un máximo de 18 presas (Tabla IV), en comparación con el EPB, con un máximo de 15, diferencia que se ha mencionado en otros trabajos en los que se observaron variaciones en el número de presas consumidas entre ambientes, en donde la mayor diversidad se observó en islas rodeadas de zonas rocosas (Harkonen, 1987; Payne y Selzer, 1989). A su vez, Lunneryd (2001) mencionó que los individuos de una zona de descanso tienden a mostrar patrones de buceo al regresar constantemente a un mismo sitio de alimentación, estrategia que puede indicar una especialización en la captura de alimento y permitir a los individuos ser más exitosos al enfocarse en un tipo de presas en específico.

9.6. Amplitud trófica y Nivel trófico

Debido a que la especie no migra, su alimento está en función de las presas que se encuentran en el medio en las diferentes estaciones (Reeves,

2002). En el presente estudio se utilizaron muestras dentro de un intervalo muy corto de tiempo, por lo que la variación estacional no se consideró. De acuerdo a los resultados de amplitud trófica, la especie se estableció como depredador especialista temporal, con un valor promedio de 0.27. En este caso la mayor variabilidad se presentó en el EPB, sitio en el que se registraron el valor más alto y el más bajo (Tabla VII). Esta variabilidad se relacionó tanto con el dinamismo físico del ecosistema, donde las mareas juegan un rol importante en la estructura dentro del cuerpo costero, como con las migraciones y desoves de una gran variedad de especies (Rosales-Casián, 1997). A su vez esta versatilidad permite a la foca de puerto permanecer en un sitio de manera constante, sin necesidad de migrar en busca de alimento. De igual forma se reduce la competencia con especies e individuos de otras regiones, al limitarse a zonas de alimentación constantes. Al tomar en cuenta un periodo de tiempo mucho más amplio se podrá clasificar a esta subespecie como un depredador generalista y oportunista como fue establecido por otros autores (Harvey, 1988), quienes mencionan la facilidad y rapidez en el cambio de la alimentación de la foca de puerto en función de las presas presentes en una época específica (Payne y Selzer, 1989).

La mayor parte de los mamíferos marinos, al alimentarse de peces y cefalópodos, se caracterizan por encontrarse dentro de los eslabones más altos de la cadena alimentaria, e incluso algunos como la orca (*Orcinus orca*) y el oso polar (*Ursus maritimus*) al alimentarse de otros mamíferos, alcanzan valores de 5 dentro de la escala de nivel trófico (Pauly *et al.*, 1998). Dentro del área de estudio el nivel trófico promedio de 4.61 colocó a la foca de puerto como un depredador tope dentro de la región, valor cercano que se encontró para la Isla Natividad (Elorriaga-Verplancken *et al.*, 2013). Esto puede observarse en la Figura 20, en donde los mamíferos marinos que se alimentan tanto de peces como cefalópodos se ubican dentro de valores de 4 y 5.

Este valor alto correspondió directamente a que la foca de puerto, tanto en el EPB como en la ITS, se alimentó de organismos bentónicos, con valores entre 3.5 (ejemplo *C. sordidus*) y 4.5 (ejemplo *S. lucioceps*), especies cuyos altos valores de nivel trófico a su vez se relacionaron con una dieta de peces (Froese y Pauly, 2000).

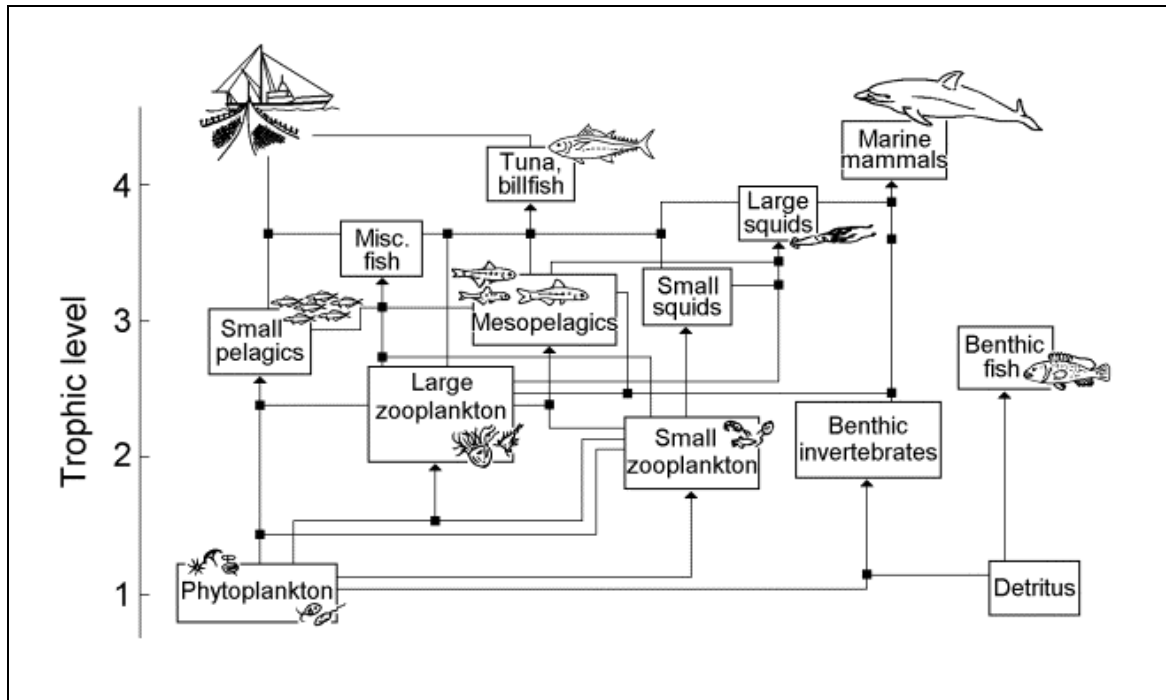


Figura 20.- Gráfica que muestra el nivel trófico de diversos grupos de organismos marinos, en el cual los productores primarios se encuentran en la base, con un valor de 1 y los depredadores tope con valores superiores a 4 (Modificado de Pauly, 2005).

Dentro de las especies claves, *S. lucioceps*, al ser una de las principales presas que se encontró dentro de la dieta de la *P. v. richardsi*, elevó el nivel trófico de la foca de puerto en ambos sitios. Esto se observó principalmente en el mes de junio dentro del EPB, mes que correspondió con el mayor consumo de esta presa (46%) (Tabla V).

10. Conclusiones

1. La dieta de la foca de puerto dentro de la BTS, en los meses de mayo y junio de 2013, se conformó tanto de peces óseos como de cefalópodos. De estos grupos los peces óseos representaron el mayor porcentaje de las presas consumidas tanto en el EPB como en la ITS.
2. Dentro del EPB las especies con mayor índice de importancia, de manera descendente fueron: el lagarto lucio (*Synodus lucioceps*), el pulpo anillado (*Octopus bimaculatus*), el calamar californiano (*Loligo opalescens*), el lenguado aleta moteada (*Citharhichthys stigmaeus*) y la palometa plateada (*Peprilus simillimus*).
3. Para la ITS las especies con mayor índice de importancia, de manera descendente, fueron: los rocotes (*Sebastes* spp.), el calamar californiano (*Loligo opalescens*), el lagarto lucio (*Synodus lucioceps*), la congriperla moteada (*Chilara taylori*) y la merluza norteña (*Merluccius productus*).
4. De acuerdo al número de presas, la dieta de la foca de puerto en la ITS mostró la mayor diversidad de especies consumidas.
5. La especie *S. lucioceps* fue la única que mostró importancia con valores superiores al 10%, en la alimentación de la foca de puerto en ambos sitios de estudio y en ambos meses dentro de la BTS.
6. El valor promedio de la amplitud trófica (0.27) colocó a la foca de puerto como depredador especialista temporal en la BTS.
7. *P. v. richardsi* se alimentó principalmente de especies bentónicas, con una preferencia marcada hacia presas que habitan fondos de arena, arena con roca y arena con grava dentro del EPB. Por su parte, en la ITS los sustratos más recurrentes, de forma descendente, fueron: roca, arena con grava y arena.
8. Se encontraron diferencias estadísticas entre los sustratos preferentes por la foca de puerto entre ambas zonas de descanso.
9. La foca de puerto se consideró un depredador tope dentro de la región con un valor promedio de nivel trófico igual a 4.61, similar a otros mamíferos marinos.

10. Las notables diferencias en las especies consumidas, preferencia en sustrato y amplitud trófica entre EPB e ITS sugieren que las zonas de alimentación podrían estar separadas a pesar de su cercanía geográfica.

11. Literatura citada

- Aguilar-Rosas, R., Aguilar-Rosas, L. E., Ávila Serrano, G. E., González Yaiimovich, Ó. y Becerril Bobadilla, F. (2010). Macroalgas submareales de la bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81(3), 601-618
- Andersen, S. M., Lydersen, C., Grahl-Nielsen, O., y Kovacs, K. M. (2004). Autumn diet of harbour seals (*Phoca vitulina*) at Prins Karls Forland, Svalbard, assessed via scat and fatty-acid analyses. *Canadian Journal of Zoology*, 82(8), 1230-1245
- 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 y Estudios Superiores de Ensenada. Ensenada, México.
- Becker, B. H., Press, D. T., y Allen, S. G. (2009). Modeling the effects of El Niño, density-dependence, and disturbance on harbor seal (*Phoca vitulina*) counts in Drakes Estero, California: 1997–2007. *Marine Mammal Science*, 25(1), 1-18.
- Behnke, R. (2002). Trout and Salmon of North America, Simon and Shuster.
- Behrends, G. 1982. Analysis of stomach and colon contents of 185 common seals from the Waddensea of Schleswig- Holstein. ICES CM 1982/N:11
- Berta, A., Sumich, J.L. y K.M. Kovacs. (2006). Marine Mammals: Evolutionary Biology. 2nd. edition. 547 pp. Academic Press. San Diego, California, EE.UU. 494 pp.
- Bigg, M. A. (1981). Harbour Seal - *Phoca vitulina* and *P. largha*. In: S. H. Ridway y R. J. Harrison. (eds.). *Handbook of Marine Mammals Vol. 2. Seals*. Academic Press, Londres.
- Bonnes, D. J., Bowen, W. D., Buhleier, B. M. y Marshall, G. J. (2006). Mating tactics and mating system of an aquatic mating pinniped: The harbor seal, *Phoca vitulina*. *Behaviour Ecology Sociobiology*. 61: 119-130.
- Borrego, J. Á., y Menchaca, O. M. (1997). Análisis del comportamiento espacial del olaie en la Bahía de Todos Santos. Baia California. mediante imágenes de superficies marinas. *Ciencias Marinas*, 23(1), 23-41.

- 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., Oftedal O. T., Boness D. J. (1992). Mass and energy transfer during lactation in a small phocid, the harbor seal (*Phoca vitulina*). *Physiological Zoology* 65:844-866.
- Coltman, D. W., Bowen, W. D. O. N., BONESS, D. J., y Iverson, S. J. (1997). Balancing foraging and reproduction in the male harbour seal, an aquatically mating pinniped. *Animal Behaviour*, 54(3), 663-678.
- Cunningham, L., Baxter, J. M., Boyd, I. L., Duck, C. D., Lonergan, M., Moss, S. E., & McConnell, B. (2009). Harbour seal movements and haul-out patterns: implications for monitoring and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19(4), 398-407.
- Davis, R. W. (2014). A review of the multi-level adaptations for maximizing aerobic dive duration in marine mammals: from biochemistry to behavior. *Journal of Comparative Physiology B*, 184(1), 23-53.
- Dehn, L. A., Sheffield, G. G., Follmann, E. H., Duffy, L. K., Thomas, D. L., y O'Hara, T. M. (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(2), 167-181
- Deméré, T.A., A. Berta y P. J. Adam. (2003). Pinnipedimorph Evolutionary Biogeography. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 13(279):32-76
- Donlan, C. J., B. R. Tershy, B. S. Keitt, J. A. Sánchez, B. Wood, A. Weinstein, D. A. Croll y M. A. Hermosillo. (2000). Island conservation action in northwest Mexico. En: Browne, D.R., K, L. y H, W. (eds.). *Proceedings of the Fifth California Island Symposium*. Santa Barbara Museum of Natural History. Santa Barbara, CA.
- Eguchi, T. y J. Harvey. (2005). Diving behavior of the Pacific Harbor Seal (*Phoca vitulina richardii*) in Monterey Bay, California. *Marine Mammal Science*. 21(2):283-295.
- Elorriaga-Verplancken F. R., L. Morales-Luna, X. Moreno-Sánchez e I. Mendoza-Salas. (2013). Inferences on the Diet of the Eastern Pacific Harbor Seal (*Phoca vitulina richardii*) at the Southern End of Its Distribution: Stable Isotopes and Scats Analyses. Short note. *Aquatic Mammals*, 39(4),
- Fernández-Martín, 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 y Estudios Superiores de Ensenada. Ensenada, México.

- Froese, R. and D. Pauly, Editors. (2000). FishBase 2000: concepts, design and data sources. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines. 344 p. <http://www.fishbase.org/search.php>
- Gallo, J.P. y D. Aurióles-Gamboa. (1984). Distribución y estado actual de la población de la foca común (*Phoca vitulina richardsi* (Gray, 1864)), en la península de Baja California, México. *Ser. Zoología* 2:323-332.
- García-Rodríguez, F. J. (1999). Cambios espaciales y estacionales en la estructura trófica y consumo del lobo marino de California, *Zalophus californianus*, en la región de las grandes islas, Golfo de California. (Tesis de maestría) Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur, México.
- Hammann, M. G. y J. A. Rosales-Casián. (1990). Taxonomía y estructura de la comunidad de peces del Estero de Punta Banda y Bahía Todos Santos, Baja California, México. Cap. 6:153-192. En Rosa-Velez J. de la y F. Gonzales-Farías (eds). Temas de oceanografía biológica en México. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. 337 pp.
- Härkönen, T. y K.C. Harding. (2001). Spatial structure of harbour seal populations and the implication thereof. *Canadian Journal of Zoology*. 79:2115-2127.
- Harvey, J. T. (1987). Population dynamics, annual food consumption, movements, and dive behaviors of harbor seals (*Phoca vitulina richardsii*), in Oregon. Ph.D., Oregon State University
- Harvey, J. T. (1988). Population Dynamics, Annual Food Consumption, Movements and Dive Behaviors of Harbor Seals, *Phoca vitulina richardsi*, in Oregon.
- Harvey, J. T. (1989). Assessment of errors associated with harbour seal (*Phoca vitulina*) faecal sampling. *Journal of Zoology*, 219(1), 101-111.
- Harvey, J. y Torok, M. L. (1994). Movements, dive behaviors, and food habits of harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) in San Francisco Bay, California. Final report submitted to: Department of Water Resources. Sacramento, California.
- Harvey, J. T., R. C. Helm y G. V. Morejohn. (1995). Food habits of harbor seals inhabiting Elkhorn Slough, California.
- Howard, S. M. S. (2009). Energetic requirements and prey consumption of harbor seal (*Phoca vitulina*) in the San Juan Islands, WA. Master of Science, Thesis. Washington. USA.
- Jobling, M., y Breiby, A. (1986). The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia*, 71(3-4), 265-274.
- Kramer, S. H. 1991 The shallow-water flatfishes of San Diego county. CalCOFI Rep. 32:128-142

- Krebs C.J. (1999). *Ecological Methodology*. 2nd edition. Addison Wesley Longman press. 620 Pp.
- Lance M.M., A.J. Orr., S.D. Riemer, M.J. Weise y J. L. Lake. 2001. Pinniped food habits and prey identification techniques protocol. Alaska Fisheries Science Center. Processed Report 2001-04.
- Lowry M. S., B. S. Stewart, C. B. Heath, P. K. Yochem y J. M. Francis. 1991. Season and annual variability in the diet of California sea lions *Zalophus californianus* at San Nicholas Island, California, 1981-86. *Fishery Bulletin, U.S.*, 89:331-336.
- Lowry, M. S. (2011). Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the eastern North Pacific Ocean.
- 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, Baja California
- Lunneryd, S. G. (2001). Fish preference by the harbour seal (*Phoca vitulina*), with implications for the control of damage to fishing gear. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 58(4), 824-829.
- Maravilla-Chávez, M. 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.
- Montgomery, R.A., Ver Hoef, J.M. y P.L. Boveng. (2007). Spatial modeling of haul out site use by harbor seals in Cook Inlet, Alaska, *Marine Ecology Progress Series*. 341: 257-264.
- NMFS (1997) Investigation of scientific information on the impacts of California sea lions and Pacific harbor seals on salmonids and on the coastal ecosystems of Washington, Oregon, and California. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-28, U.S. Department of Commerce, NOAA, National Marine Fisheries Service, Seattle, WA
- Olesiuk, P. F., Biqg, M. A., & Ellis, G. M. (1990). Recent trends in the abundance of harbour seals, *Phoca vitulina*, in British Columbia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47(5), 992-1003.
- Ortiz, M., Huerta-Tamayo, L., e Hinojosa, A. (2003). Transporte de sedimento por tracción de marea en el Estero de Punta Banda, Baja California, México. *GEOS*, 23(3), 283-294.
- Padilla, A.M. (1990). Aspectos biológicos de la foca común (*Phoca vitulina richardsi*, Gray (1864)) en la costa occidental de Baja California (Carnivora: Phocidae). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 88pp.
- Pauly, D., Trites, A. W., Capuli, E., y Christensen, V. (1998). Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 55(3), 467-481.

- Pauly, D., y Palomares, M. L. (2005). Fishing down marine food web: it is far more pervasive than we thought. *Bulletin of Marine Science*, 76(2), 197-212.
- Payne, P. M. y Selzer, L. A. 1989. The distribution, abundance and selected prey of the harbour seal *Phoca vitulina concolor*, in S. New England. *Mar. Mamm. Sci.* 5:173±192.
- Perrin, W.F., Würsig, B. y J.G.M. Thewissen. (2002). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press. California, E.U.A. 1414 pp.
- Phillips EM, Harvey JT (2005) Improvements to scat analysis: Results of a captive feeding study with the Pacific harbor seal (*Phoca vitulina richardii*). Final report to the National Marine Fisheries Service, Moss Landing Marine Laboratories, Moss Landing, CA
- Pinkas, L., Oliphant, M. S., y Iverson, I. L. (1971). *Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters* (Vol. 152, p. 105). United States: State of California, Department of Fish and Game.
- Quintanilla-Montoya, A. (1984). Origen del depósito sedimentario de la Isla Norte de Todos Santos, Baja California. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California.
- Reeves, R. R., B. S. Stewart, P. J. Clapham and J. A. Powell. (2002). *National Audubon Society: Guide to marine mammals of the world*. Alfred A. Knopf, NY. 527 pp.
- Riemer S.D. y Mikus R. (2006). Aging fish otoliths recovered from Pacific harbor seal (*Phoca vitulina*) fecal samples. *Fishery Bulletin* 104:626–630
- Rodhouse, P. G., y Nigmatullin, C. M. (1996). Role as consumers. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351(1343), 1003-1022.
- Rosales-Casián. J. A. (1997). Estructura de la comunidad, integridad biótica y el uso por peces de los ambientes de la zona costera-laguna del Pacífico norte de Baja California Tesis de doctorado en ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Stanley, W. T., y Shaffer, K. E. (1995). Harbor seal (*Phoca vitulina*) predation on seined salmonids in the lower Klamath River, California. *Marine Mammal Science*, 11(3), 376-385.
- Stewart, B.S., 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.
- Suryan, R.M. and J.T. Harvey. (1998). Tracking harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) to determine dive behavior, foraging activity, and haul-out site use. *Mar. Mamm. Sci.* 14:361-372.

- Thompson, P. M., McConnell, B. J., Tollit, D. J., Mackay, A., Hunter, C., y Racey, P. A. (1996). Comparative distribution, movements and diet of harbour and grey seals from Moray Firth, NE Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 1572-1584.
- Thompson, P. M., Fedak M. A., McConnell B. J., Nicholas K. S. (1989). Seasonal and sex-related variation in the activity patterns of common seals (*Phoca vitulina*). *Journal of Applied Ecology* 26:521-535
- Tollit, D.J., Black, A.D., Thompson, P.M., Mackay A., Corpe, H.M., Wilson, B., Van Parijs, S.M., Grellier, K. y Parlane, S. (1998). Variations in harbour seal *Phoca vitulina* diet and dive-depths in relation to foraging habitat. *Journal of Zoology*. 244: 209-222.
- Trumble S.J. (1995). Abundance, Movements, Dive Behavior, Food Habits, and Mother-Pup Interactions of Harbor Seals Near Monterey Bay, California.
- Walker B. G., Bowen W.D. (1993). Changes in body mass and feeding behaviour in male harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to female reproductive status. *Journal of Zoology*, London 231:423-436

Anexo

Lista de especies presa de la foca de Puerto en la Bahía de Todos Santos (Isla Todos Santos y Estero de Punta Banda), en donde se incluye el nivel trófico (NT), ambiente en el que habita y la procedencia de la muestra que lo presentó (A=ambas, E= Estero, I= Isla).

| Científico | Familia | Común esp | Común ing | NT | Ambiente | Encontrada |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|-----------|-----------------|-------------------|
| <i>Chilara taylori</i> | Ophidiidae | Congriperla moteada | Spotted cusk-eel | 4.07 | Arena | A |
| <i>Citharichthys stigmaeus</i> | Paralichthyidae | Lenguado aleta moteada | Speckled sanddab | 3.4 | Arena | A |
| <i>Citharichthys sordidus</i> | Paralichthyidae | Lenguado arenoso del P. | Pacific sanddab | 3.5 | Arena | A |
| <i>Engraulis mordax</i> | Engraulidae | Anchoveta norteña | California anchovy | 3 | Pelágico | E |
| <i>Genyonemus lineatus</i> | Sciaenidae | Corvineta blanca | White croaker | 3.4 | Pelágico | A |
| <i>Glyptocephalus zachirus</i> | Pleuronectidae | Platija rey | Rex sole | 3.2 | Arena | I |
| <i>Hyperprosopon anale</i> | Embiotocidae | Perca | Spotfin surfperch | - | Arena | A |
| <i>Lepidopsetta bilineata</i> | Pleuronectidae | Rock sole | Rock sole | 3.2 | Arena/grava | A |
| <i>Lyopsetta exilis</i> | Pleuronectidae | Platija flaca | Slendre sole | 3.4 | Pelágico | I |
| <i>Merluccius productus</i> | Merlucciidae | Merluza norteña | North Pacific hake | 4.4 | Pelágico | I |
| <i>Microstomus pacificus</i> | Pleuronectidae | Platija escurridiza | Dover sole | 3.3 | Lodo | A |
| <i>Ophiodon scrippsae</i> | Hexagrammidae | Molva | Lincod | 4.3 | Arena/lodo | A |
| <i>Peprilus simillimus</i> | Stromateidae | Palometa plateada | Pacific pompano | 4.3 | Pelágico | A |
| <i>Physiculus rastrelliger</i> | Moridae | Carbonera negra | Hundred fathom mora | - | Arena/roca | I |
| <i>Porichthys myriaster</i> | Batrachoididae | Sapo aleta manchada | Specklefin midshipman | 4.3 | Roca | E |
| <i>Porichthys notatus</i> | Batrachoididae | Sapo cabezón | Plainfish midshipman | 4 | Roca | A |
| <i>Sebastes spp</i> | Scorpaenidae | Rocote | Rockfish | 3.5 | Roca | A |
| <i>Synodus lucioceps</i> | Synodontidae | Lagarto lucio | California lizardfish | 4.5 | Arena/grava | A |
| <i>Zaniolepis frenata</i> | Hexagrammidae | Cepillo espina corta | Shortspine combfish | 3.4 | Lodo | A |
| <i>Loligo opalescens</i> | Loliginidae | Calamar californiano | Market squid | 3.5 | Arena | A |
| <i>Octopus bimaculatus</i> | Octopodidae | Pulpo anillado | Two-spot octopus | 3.8 | Arena/roca | A |

