

Dieta del lobo marino de California, *Zalophus californianus* Lesson, 1828), en la Isla San Jorge, en el norte del Golfo de California, México, 1998–1999

Diet of California sea lions, *Zalophus californianus*, at San Jorge Island, northern Gulf of California, Mexico, 1998–1999

Eric Mellink^{1*}
Adriana Lucía Romero-Saavedra^{1,2}

¹ Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
Apartado postal 2732
Ensenada, Baja California, México
* E-mail: emellink@cicese.mx

Correo internacional: CICESE
P.O. Box 434844
San Diego, CA 92143-4844, USA

² Paseo de los Álamos 50-14
Fraccionamiento Pulgas Pandas N, 20230
Aguascalientes, Ags., México

Recibido en agosto de 2004; aceptado en diciembre de 2004

Resumen

El lobo marino de California, *Zalophus californianus* (Lesson, 1828), es el único pinnípedo residente en el Golfo de California, donde sus mayores poblaciones están en el cinturón de las Grandes Islas y en el norte del golfo. La Isla San Jorge, en el golfo norte, tiene la segunda colonia reproductiva, que también es genéticamente diferente de otras colonias del Golfo (Schramm-Urrutia, 2002). Se estudió la dieta de los lobos marinos de esta isla por medio del análisis de excretas, entre febrero de 1998 y marzo de 1999. El componente más importante de la dieta fue *Porichthys* sp. (principalmente *P. analis* Hubbs y Schultz, 1939), seguido de *Pomadasys panamensis* (Steindachner, 1875) y el calamar *Lolliguncula panamensis* Berry, 1911. Aparentemente, los lobos forrajearon principalmente en el fondo del mar. Las presas consumidas por los lobos marinos en la Isla San Jorge no son de valor comercial. Hubo poco traslapo en las dietas entre los lobos marinos y el bobo café, *Sula leucogaster* (Boddaert, 1783), el ave ictiófaga más abundante en la isla.

Palabras clave: lobo marino, *Zalophus californianus*, dieta, Golfo de California norte.

Abstract

The California sea lion, *Zalophus californianus* (Lesson, 1828), is the only resident pinniped in the Gulf of California, the largest populations inhabiting the Midriff islands and the northern gulf. San Jorge Island, in the northern gulf, has the second largest reproductive colony, and it is genetically different from other colonies in the gulf. We studied the diet of the San Jorge sea lions through scat analysis from February 1998 to March 1999. Midshipman, *Porichthys* sp. (mostly darkedge midshipman, *P. analis* Hubbs and Schultz, 1939) was the most important prey item for sea lions at San Jorge, followed by Panama grunt, *Pomadasys panamensis* (Steindachner, 1875), and Panama brief squid, *Lolliguncula panamensis* Berry, 1911. It appears that the sea lions foraged mostly on the sea bottom. The prey consumed by sea lions at San Jorge are of no commercial interest. There was little dietary overlap between California sea lions and brown boobies, *Sula leucogaster* (Boddaert, 1783), the most abundant ichthyophagous bird on the island.

Key words: California sea lions, *Zalophus californicus*, diet, northern Gulf of California.

Intriducción

El lobo marino de California, *Zalophus californianus* (Lesson, 1828), es el pinnípedo más abundante y con distribución más amplia en México. Es el único pinnípedo residente en

Introduction

The California sea lion, *Zalophus californianus* (Lesson, 1828), is the most abundant and most widely distributed pinniped in Mexico. It is the only resident pinniped in the Gulf

el Golfo de California, donde tenía una población aproximada de 31,000 individuos en los años ochenta (Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994). En el Golfo de California, al igual que en otras áreas, el lobo marino de California comparte un nivel trófico alto con otros mamíferos marinos y muchas especies de aves marinas (Anderson *et al.*, 1976; Le Boeuf *et al.*, 1983). Dado el tamaño de sus colonias, su impacto sobre la comunidad de peces e invertebrados marinos cerca de las islas que ocupa puede ser grande.

De las 19 colonias conocidas de lobos marinos en el Golfo de California, 14 se encuentran en el cinturón de las Grandes Islas y al norte de éste, conteniendo 82% (19,000 individuos) de la población del golfo. Esta región contiene las dos colonias principales de lobos marinos en el golfo: Isla San Esteban (en el cinturón de las Grandes Islas) e Isla San Jorge (en el norte del golfo) (Aurioles-Gamboa, 1988; Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994). Se ha sugerido que las mayores concentraciones de lobos marinos en esta región son producto de una mayor productividad primaria y una mayor abundancia de presas en el área (Aurioles-Gamboa, 1988; Lowry *et al.*, 1991; Zavala-González, 1993).

En general, las aguas más productivas son utilizadas no sólo por lobos marinos y otros homeotermos, sino que sustentan pesquerías importantes. Cuando ambos, las poblaciones de lobos marinos y las pesquerías, son grandes, se desarrolla algún tipo de interacción, la cual es frecuentemente negativa. Mientras que una pesquería artesanal intensa puede reducir el alimento de los lobos marinos y causar su muerte por enmallamiento en los artes de pesca, los lobos marinos pueden sacar peces de las redes o causar que se escape el producto de las mismas (por ejemplo, camarón) y pueden destruir el equipo de pesca (Zavala-González y Mellink, 1997). En ocasiones, los pescadores usan a los lobos marinos como carnada en palangres para la pesca de tiburón, o matan lobos marinos al considerarlos sus competidores (Mellink, 1996; Zavala-González y Mellink, 1997).

La colonia de lobos marinos de la Isla San Jorge es no sólo una de las dos más grandes en el Golfo de California, sino que, como se ha determinado recientemente, es genéticamente diferente de otras colonias del golfo (Schramm-Urrutia, 2002). A pesar del tamaño de esta colonia y su papel potencial en el ecosistema, el conocimiento acerca de ella se limitaba a una estimación del número de lobos y de las crías nacidas entre 1979 y 1985 (Aurioles-Gamboa y Zavala-González, 1994; Zavala-González y Mellink, 1997).

Hay muchas maneras de enfocar las relaciones entre los lobos marinos y las pesquerías, pero para esta región, donde aún no es muy grande la pesca ribereña, ni eran importantes sus interacciones con los lobos marinos, una primera determinación de la dieta de los lobos parecía un buen punto de partida (*sensu* Pierce y Boyle, 1991). En este estudio reportamos la dieta de los lobos marinos en la Isla San Jorge a partir del análisis de excretas recolectadas durante 1998 y 1999. Dado que los lobos marinos son muy versátiles en su dieta, dependiendo de los recursos disponibles, nuestros resultados representan

of California, with a population of about 31,000 individuals in the 1980s (Aurioles-Gamboa and Zavala-González, 1994). In the Gulf of California, as in other areas, the California sea lion shares a high trophic level with other marine mammals and several species of seabirds (Anderson *et al.*, 1976; Le Boeuf *et al.*, 1983). Owing to the size of its colonies, this species can have a considerable impact on the fish and marine invertebrate communities near the islands it occupies.

Fourteen of the nineteen sea lion colonies known for the Gulf of California are found in and to the north of the Midriff islands, and contain 82% (19,000 individuals) of the gulf population. This region harbors the two main sea lion colonies of the gulf: San Esteban Island (in the Midriff island region) and San Jorge Island (in the northern gulf) (Aurioles-Gamboa, 1988; Aurioles-Gamboa and Zavala-González, 1994). It has been suggested that larger concentrations of sea lions occur in this region because of the high primary productivity and abundance of prey in the area (Aurioles-Gamboa, 1988; Lowry *et al.*, 1991; Zavala-González, 1993).

In general, productive waters are not only used by sea lions and other homeotherms, but also support important fisheries. When both the sea lion populations and fisheries are large, some type of interaction, frequently negative, develops. While an intense artisanal fishery can reduce food for sea lions and cause their death by entrapment in fishing gear, sea lions can either remove fish from the nets or cause other produce to fall out (for example, shrimp), and they can destroy fishing gear (Zavala-González and Mellink, 1997). Occasionally, fishermen use sea lions as bait on long lines set for sharks, or kill sea lions because they are perceived as competition (Mellink, 1996; Zavala-González and Mellink, 1997).

The sea lion colony at San Jorge Island is not only one of the two largest in the gulf, but as recently determined, it is also genetically different from other colonies in the Gulf of California (Schramm-Urrutia, 2002). Despite the size of this colony and its potential role in the ecosystem, knowledge about it was limited to the number of sea lions and of pups born between 1979 and 1985 (Aurioles-Gamboa and Zavala-González, 1994; Zavala and Mellink, 1997).

There are several ways to focus on the relationship between sea lions and fisheries, but for this region, where the level of fishing is not yet large nor are its interactions with sea lions important, a first determination of the sea lion diet seemed a good starting point (*sensu* Pierce and Boyle, 1991). In this study we report on the diet of sea lions on San Jorge Island based on the analysis of scats collected during 1998 and 1999. As sea lions are very versatile in their diet, depending on available resources, our results represent a first account that can be useful for the understanding of the trophic ecology of the area.

Study area

San Jorge Island (Sonora, Mexico) is located in the north-eastern corner of the Gulf of California (31°01'N, 113°15'W) and it is, actually, an archipelago composed of one main island

una primera imagen que puede ser útil para el conocimiento de la ecología trófica de la región.

Área de estudio

La Isla San Jorge, Sonora, se localiza en el extremo noreste del Golfo de California (31°01'N, 113°15'W) y es en realidad un pequeño archipiélago compuesto por una isla principal y cuatro islotes que en conjunto miden 1097 m de longitud. La isla principal mide 549 m en su sección más ancha y su punto más alto está a 62 m sobre el nivel medio del mar. La isla está a unos 10 km de la costa, y el mar que las separa tiene menos de 20 m de profundidad. Al oeste de la isla la profundidad es mayor. El norte del Golfo de California tiene mareas semi-diurnas y corrientes mareales fuertes (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Roden y Emilsson, 1979). Los vientos son muy variables, pero de noviembre a mayo son primordialmente del noroeste, mientras que el resto del año son del sureste (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991).

La Isla San Jorge tiene la colonia reproductiva más densa del Golfo de California, pero la segunda en tamaño. Conteos durante los veranos recientes han documentado entre 2183 y 4536 individuos, pero en julio de 1998, un año ENOS (El Niño Oscilación del Sur), contamos 6717, de los cuales 793 eran crías (Mellink 2003). La isla tiene colonias importantes de bobo café, *Sula leucogaster* (Boddaert, 1783), y pato buzo de doble cresta, *Phalacrocorax auritus* (Lesson, 1831), entre otras especies de aves (Mellink y Palacios, 1993).

La Isla San Jorge parece ser única en algunas características ecológicas, presumiblemente debido a lo somero del área. Por ejemplo, los bobos cafés tienen allí una temporada reproductiva mucho más larga que en otros sitios del golfo (Mellink, 2000). También, aunque en general los eventos ENOS causan una reducción en la productividad del Golfo de California, el evento 1997–1998 produjo un incremento sustancial en el número de lobos marinos en San Jorge y ningún efecto sobre la producción de crías (Mellink, 2003).

Métodos

Se determinaron las presas de los lobos marinos de la Isla San Jorge a través de la identificación de otolitos de peces y picos de calamar en excretas recolectadas el 10 de febrero, 6 de abril, 2 de junio, 22 de julio, 11 de octubre y 1 de diciembre de 1998, y el 19 de enero y 23 de marzo de 1999. Aunque se intentó recolectar cuando menos 15 excretas por visita, durante las tres primeras visitas, las mareas, hora del día, escasez de excretas, problemas de acceso e inexperiencia condujeron a recolectar un menor número de muestras. Se ha demostrado que el uso único de otolitos y picos de calamar para determinar la dieta de pinnípedos tiene algunas limitaciones, por lo que es conveniente incluir otros elementos duros en el análisis de la dieta, como escamas, vértebras y estructuras bucales (Roffe y Mate, 1984; Pierce y Boyle, 1991; Cottrell *et al.*, 1996). Sin embargo, no existen colecciones de referencia de estos

and four islets, which altogether are 1097 m long. The main island is 549 m wide and its highest point is 62 m above mean sea level. The island is about 10 km from the coast, and the sea in between is less than 20 m deep. West of the island, the sea bottom is deeper. The northern Gulf of California has semi-diurnal tides and strong tidal currents (Álvarez-Borrego and Lara-Lara, 1991; Roden and Emilsson, 1979). Winds are very variable, but they are mostly northwesterly from November to May and southeasterly the rest of the year (Álvarez-Borrego and Lara-Lara, 1991).

San Jorge Island harbors the densest sea lion colony in the Gulf of California, but second in size. Recent summer counts have ranged from 2183 to 4536 individuals, but in July 1998, an ENSO year, we counted 6717, of which 793 were pups (Mellink, 2003). The island holds important colonies of brown boobies, *Sula leucogaster* (Boddaert, 1783), and double-crested cormorants, *Phalacrocorax auritus* (Lesson, 1831), among other bird species (Mellink and Palacios, 1993).

San Jorge Island seems to be unique in some ecological features, allegedly because of the shallowness of the area. For example, brown boobies exhibit a much longer breeding season than they do in the rest of the Gulf of California (Mellink, 2000). Also, although ENSO events generally cause a reduction in productivity in the Gulf of California, the 1997–1998 event produced a substantial increase in the number of sea lions at San Jorge and no effects on the production of pups (Mellink, 2003).

Methods

We determined prey items of sea lions at San Jorge by identifying fish otoliths and squid beaks in scats collected on 10 February, 6 April, 2 June, 22 July, 11 October and 1 December 1998, and on 19 January and 23 March 1999. Although we intended to collect at least 15 scats per visit, during our first three visits, tides, time of day, scarcity of scats, problems of accessibility and inexperience resulted in smaller sample sizes. The use of otoliths and squid beaks to determine the diet of pinnipeds has some limitations, so it is convenient to include other hard residues, such as scales, vertebrae and mouth parts, in the analysis of the diet (Roffe and Mate, 1984; Pierce and Boyle, 1991; Cottrell *et al.*, 1996); however, as no reference collections of such structures exist for our study area, it was not possible to include them.

Scats were frozen until their analysis. At that time they were put in water with detergent until the organic matter was emulsified (usually between 6 and 24 h). They were rinsed and passed through 2.00, 1.00, 0.425 mm mesh filtering pans to collect the hard parts. Otoliths were identified by comparison with specimens at the Museum of Los Angeles County, California; Centro Regional de Investigación Pesquera, in Ensenada; Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, in Guaymas, Sonora; and Instituto de Estudios Superiores de Monterrey, in Guaymas. Eighteen percent of all otoliths were unidentifiable. We did not form otolith pairs

elementos para esta área de estudios, por lo que no fue posible realizar dicha inclusión.

Las excretas se congelaron hasta el momento de su análisis. En ese momento, se colocaron en agua con detergente hasta que emulsificaron la materia orgánica (generalmente entre 6 y 24 h); se enjuagaron y filtraron a través de mallas de 2.00, 1.00 y 0.425 mm, para separar las partes duras. Los otolitos se identificaron por comparación con ejemplares de las colecciones en el Museo del Condado de Los Angeles, California, EUA; el Centro Regional de Investigación Pesquera, en Ensenada; el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Guaymas, en Sonora; y en el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey, campus Guaymas. Diez y ocho por ciento de los otolitos no se pudieron identificar. No se formaron parejas (derecha-izquierda) de otolitos. Los picos de calamar se identificaron en el Laboratorio de Ecología Pesquera, del CICESE, por comparación con ejemplares identificados por U. Markaida.

Se calcularon frecuencias relativas (número de muestras en las que apareció un taxón dividido entre la suma de los números de muestras en los que apareció cada taxa, en un periodo determinado) y abundancia relativa (número de vestigios de un taxón dividido entre la suma de los números de vestigios de todos los taxa, en un periodo determinado). Por medio de una regresión lineal simple se analizó la relación entre el número de muestras en cada periodo y el número de especies encontrado en ellas (Zar, 1974). Las autoridades taxonómicas de los taxa identificados en este trabajo se encuentran en la tabla 1.

Resultados y discusión

Se recolectaron 234 excretas, 129 (55.6%) de las cuales contenían otolitos y 48 (20.5%), picos de calamar. Las excretas con otolitos en buen estado tenían entre 12 y 357 otolitos, dando un total de 1042. Pudimos identificar 936 (89.8%) de éstos, que correspondieron a 26 especies (tablas 1, 2). Dos grupos de otolitos se pudieron identificar a nivel de familia solamente, y hubo 10 grupos de otolitos claramente discernibles, pero que no pudimos identificar en las colecciones de referencia. Las excretas con picos de calamar contuvieron entre 1 y 94 picos, dando un total de 219, 117 inferiores y 102 superiores.

Hubo entre 6 y 34 especies presas por fecha de muestreo, pero la riqueza de especies presas reflejó básicamente el número de muestras ($r^2 = 0.925$; $y = 3.223 + 0.288x + 3.71x^2$; fig. 1). La gráfica entre número de muestras y número de especies de presa no mostró evidencias de una asíntota superior. Así, el número óptimo de muestras sería mayor a 60, que fue el límite de nuestros datos. Bajo este estándar los números de muestras utilizados en este trabajo son claramente bajos, lo que implica que las dietas determinadas tienen un riesgo de imprecisión, sobretodo en cuanto a las especies menos consumidas. Esta limitación probablemente no afecta de manera importante la percepción de las presas principales durante este estudio.

(left-right). Squid beaks were identified at the Fishery Ecology Laboratory at CICESE, by comparison with specimens identified by Unai Markaida.

We calculated relative frequencies (the number of samples in which one taxon appeared divided by the sum of the numbers of samples in which each of the taxa appeared, for a given period) and relative abundance (the number of vestiges of a specific taxon divided by the sum of the numbers of vestiges of all taxa, for a given period). We analyzed the relationship between the number of samples and the number of species found in them through regression analysis (Zar, 1974). The taxonomic authorities of the taxa identified in this work are given in table 1.

Results and discussion

We collected 234 scats, of which 129 (55.6%) had otoliths and 48 (20.5%), squid beaks. Scats with otoliths in good condition had 12–357 otoliths, for a total of 1042, of which 936 (89.8%) were identified, belonging to 26 species (tables 1, 2). Two groups of otoliths were identifiable to family only, and ten groups were clearly distinct, but we could not identify them in the reference collections. Scats with squid beaks had 1–94 beaks, for a total of 219: 117 lower and 102 upper beaks.

Between 6 and 34 species of prey were recorded per sampling date, but prey richness reflected basically the number of samples ($r^2 = 0.925$; $y = 3.223 + 0.288x + 3.71x^2$; fig. 1). The graph between sample size and number of prey species did not evidence an upper asymptote. So, the optimum number of samples would be more than 60, the limit of our data. By this standard our sample numbers are clearly low, which implies that the diets that we determined have a risk of imprecision especially with the less consumed species. This limitation probably does not significantly affect our perception of the main food items during the study.

Midshipman, *Porichthys* sp. (darkedge midshipman, *P. analis*, and otoliths not identifiable to species) was the most

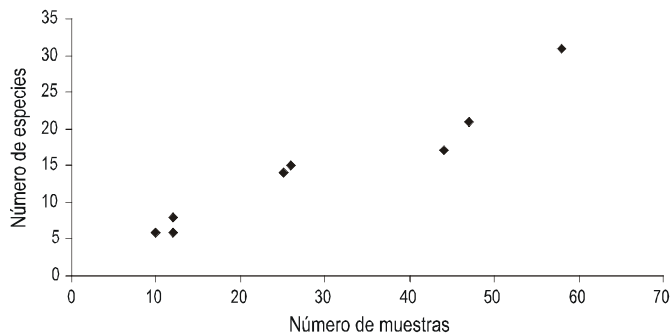


Figura 1. Relación entre el número de especies en la dieta de lobo marino en la Isla San Jorge, Sonora (México) y el número de muestras recolectadas.

Figure 1. Relation between the number of species in the diet of sea lions at San Jorge Island, Sonora (Mexico), and the number of samples collected.

Tabla 1. Abundancia relativa de presas consumidas por el lobo marino, *Zalophus californianus* (Lesson, 1828), en Isla San Jorge, Sonora, México. 1998–1999.
Table 1. Relative abundance of prey eaten by California sea lions, *Zalophus californianus* (Lesson, 1828), at San Jorge Island, Sonora, Mexico. 1998–1999.

	Feb 98	Abr 98	Jun 98	Jul 98	Oct 98	Dic 98	Ene 99	Mar 99	Media
<i>n</i> =	12	10	12	25	44	26	58	47	
<i>Pomadasys panamensis</i> (Steindachner, 1875)	14.29	53.85		6.67	1.77	37.39	7.03	0.92	15.24
<i>Porichthys</i> sp. (principalmente <i>P. analis</i> Hubbs and Schultz, 1939)	21.43	7.69		30.00	25.66	7.83	8.34	16.12	14.62
<i>Lolliguncula panamensis</i> Berry, 1911	7.14	7.69	4.55	3.33	3.53	13.91	24.74	22.81	10.96
<i>Haemulopsis</i> sp.	14.29		13.64		19.47	15.65	3.13		8.27
<i>Symphurus</i> sp.	35.71		4.55		9.73	2.61	0.52	2.07	6.90
<i>Cynoscion</i> sp.			40.91		3.54	6.09	1.30		6.48
<i>Cetengraulis mysticetus</i> (Günther, 1867)			13.64	5.00	4.42	0.87	10.94	14.06	6.12
sp. 6		15.38	13.64	5.00			0.78	0.23	4.38
<i>Cyclopsetta querna</i> (Jordan & Bollman, 1890)	7.14	7.69		10.00	0.88	1.74	2.60	1.61	3.96
<i>Engraulis mordax</i> Girard, 1856				3.33				20.74	3.01
<i>Orthopristis reddingi</i> Jordan & Richardson, 1895					7.96	7.83	3.91	3.46	2.89
<i>Trichiurus nitens</i> Garman, 1899				11.67	4.42	0.87	3.91		2.61
sp. 4		7.69	4.55	1.67				0.23	1.77
<i>Synodus sechurae</i> Hildebrand, 1946					0.88	1.74	8.85	1.61	1.63
<i>Ancylopsetta</i> sp.				10.00	0.88		1.30	0.23	1.55
sp. 5				3.33			7.29	0.46	1.38
Haemulidae n.i.					6.19	0.87	3.39		1.31
<i>Trachinotus</i> sp.			4.55	1.67			2.34		1.07
sp. 8				6.67			0.78	0.69	1.02
<i>Diplectrum</i> sp.							1.04	5.76	0.85
<i>Paralabrax</i> sp.						0.87	0.78	5.07	0.84
Serranidae n.i.					2.65	0.87	0.26	2.07	0.73
<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855					3.54		0.26	1.15	0.62
<i>Eucinostomus gracilis</i> (Gill, 1862)					1.77		2.08	0.23	0.51
<i>Micropogonias megalops</i> (Gilbert, 1890)					2.65		0.26		0.36
sp. 7				1.67			0.26		0.24
sp. 10						0.87		0.23	0.13
sp. 11							1.04		0.13
sp. 12							1.04		0.13
sp. 3							0.52	0.23	0.09
<i>Umbrina roncadior</i> (Jordan & Gilbert, 1881)							0.52		0.06
<i>Arius</i> sp.							0.26		0.03
<i>Lepophidium prorates</i> (Jordan & Bollman, 1890)							0.26		0.03
sp. 9							0.26		0.03

Common English names for the species in tables 1 and 2, arranged in alphabetic order by scientific name. Taxonomic authors are indicated in table 1.

Ancylopsetta sp., flounder; *Arius* sp., sea catfish; *Cetengraulis mysticetus*, Pacific anchoveta; *Cyclopsetta querna*, toothed flounder; *Cynoscion* sp., weakfish; *Diplectrum* sp., sand perch; *Engraulis mordax*, Californian anchovy; *Eucinostomus argenteus*, spotfin mojarra; *Eucinostomus gracilis*, Pacific flagfin mojarra; Haemulidae n.i., grunt; *Haemulopsis* sp., grunt; *Lepophidium prorates*, prowspine cusk-eel; *Lolliguncula panamensis*, Panama brief squid; *Micropogonias megalops*, bigeye croaker; *Orthopristis reddingi*, bronze-striped grunt; *Paralabrax* sp., sand bass; *Pomadasys panamensis*, Panama grunt; *Porichthys* sp., midshipman; Serranidae n.i., serrano; *Symphurus* sp., tongfish; *Synodus sechurae*, sechura lizardfish; *Trachinotus* sp., pompano; *Trichiurus nitens*, hairtail; *Umbrina roncadior*, yellowfin croaker.

Porichthys sp. (*P. analis* y otras especies de este género no identificables a nivel de especie por los otolitos) fue la presa más importante según las excretas de los lobos marinos recolectadas en Isla San Jorge, seguida de *Pomadasya panamensis* y el calamar *Lolliguncula panamensis* (tablas 1, 2). Estas especies no sólo fueron las más abundantes y frecuentes en la dieta, sino que se consumieron en siete y ocho de las ocho fechas de muestreo, respectivamente. Estos tres taxa representaron 41% de todos los otolitos/picos a lo largo del estudio. Adicionando las otras especies de la familia Haemulidae que aparecieron en las excretas, las tres familias que incluyen estas especies representaron 59% de todos los vestigios identificados (excluyendo los otolitos claramente discernibles, pero que no pudieron ser identificados ni siquiera a nivel de familia). Los haemúlidos y *Porichthys* sp. son esencialmente bentónicos, mientras que muchas de las especies de calamar son bentónicas durante el día, pero ascienden en la columna de agua durante la noche. Así, los lobos marinos parecieron forrajear principalmente en el fondo marino, lo que concuerda con otros estudios de la especie (Spalding, 1964) pero contrario a lo encontrado en otras regiones del golfo (García-Rodríguez y Auriolles-Gamboa, 2004). Un grupo de seis tipos de otolitos (cinco especies y un “desconocido”) formaron un siguiente grupo de importancia, mientras que las demás especies fueron de importancia baja.

A pesar de la importancia general de estas tres familias, en junio de 1998 representaron sólo 22% de todos los vestigios alimentarios identificables y los lobos se alimentaron de especies del género *Cynoscion*. Dado que las especies de este género son residentes permanentes en la zona, el que se hayan consumido sólo en junio sugiere que son menos deseables que las tres especies más consumidas. Otras especies incluidas en la dieta cuando disminuyó la abundancia en ella de las tres preferidas fueron *Cetengraulis mysticetus* y, en marzo, *Engraulis mordax* y una especie no identificada (especie # 6). Tanto *Cetengraulis* como *Engraulis* son peces pelágicos.

La dieta de los lobos marinos durante el presente estudio fue notablemente diferente de la que se ha encontrado en otras regiones del Golfo de California. En la Isla Ángel de la Guarda (Sánchez-Arias, 1992), en el cinturón de las Grandes Islas, los principales componentes de la dieta fueron *Diaphus* sp., *Trichiurus* spp., *Coelorhynchus scaphopsis* (Gilbert, 1890) y *Merluccius productus* (Ayres, 1855); en el Islote El Rasito (Orta-Dávila, 1988), en la misma región, fueron *Haemulopsis* sp., *M. productus*, *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842), *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782 y *Sebastes* sp.; y en Los Islotes (Auriolles-Gamboa et al., 1984, García-Rodríguez, 1995), en el sur del Golfo de California, fueron *Porichthys* sp., *Trichiurus* sp., *Aulopus* sp., *Neobythites* sp., *Pronotogrammus* sp., *Prionotus* sp., *Serranus* sp. y *Diplectrum* sp. (vea también García-Rodríguez y Auriolles-Gamboa, 2004). Tales diferencias no son sorprendentes ya que, por una parte, los lobos marinos exhiben una gran plasticidad en sus dietas (Ainley et al., 1982; Antonelis et al., 1984; Auriolles-Gamboa et al., 1984;

important prey item in sea lion scats at San Jorge, followed by Panama grunt, *Pomadasya panamensis*, and Panama brief squid, *Lolliguncula panamensis* (tables 1, 2). Not only were they the most abundant and frequent prey items, but they were consumed in seven and eight of the eight sampling dates, respectively. These three taxa accounted for 41% of all otoliths/beaks throughout the study. Adding other species of the grunt family (Haemulidae) that appeared in the scats, the three families that include these species accounted for 59% of all identified vestiges (excluding those otoliths that were clearly different but could not be ascribed even to family). The species of the grunt and midshipman families are essentially benthonic, while many species of squid are benthonic during the day but ascend in the water column during the night. It therefore appears that sea lions at San Jorge foraged mostly on the sea floor, a fact that is concordant with other studies on the species (Spalding, 1964) but contrary to what has been found in other regions of the gulf (García-Rodríguez and Auriolles-Gamboa, 2004). A group of six types of otoliths (five species and one “unknown”) formed the next group in importance, while the remaining prey were of low importance.

Despite the overall importance of these three families, in June 1998 they accounted for only 22% of the total of identifiable food residues, and the sea lions fed on weakfish. Since weakfish are permanent residents in the area, their consumption only on this date suggests that they are a less desirable prey than the three most consumed species. Other species that were included in the diet when the abundance of the three preferred items in the diet diminished were Pacific anchoveta, *Cetengraulis mysticetus*, and in March, Californian anchovy, *Engraulis mordax*, and an unidentified species (species #6). Both the anchoveta and the anchovy are pelagic species.

The diet of sea lions at San Jorge during our study was notably different from that found in other locations in the Gulf of California. At Ángel de la Guarda Island (Sánchez-Arias, 1992), in the Midriff island region, the main components of the diet were *Diaphus* sp., *Trichiurus* spp., *Coelorhynchus scaphopsis* (Gilbert, 1890), and *Merluccius productus* (Ayres, 1855); at El Rasito Islet (Orta-Dávila, 1988), in the same region, they were *Haemulopsis* sp., *M. productus*, *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842), *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782, and *Sebastes* sp.; and at Los Islotes (Auriolles-Gamboa et al., 1984; García-Rodríguez 1995), in the southern Gulf of California, they were *Porichthys* sp., *Trichiurus* sp., *Aulopus* sp., *Neobythites* sp., *Pronotogrammus* sp., *Prionotus* sp., *Serranus* sp., and *Diplectrum* sp. (see also García-Rodríguez and Auriolles-Gamboa, 2004). Such differences are not surprising because, on the one hand, sea lions exhibit great dietary plasticity (Ainley et al., 1982; Antonelis et al., 1984; Auriolles-Gamboa et al., 1984; Roffe and Mate, 1984; Lowry et al., 1990, 1991) and, on the other, the different studies were carried out in different years.

The prey consumed by sea lions at San Jorge Island are of no commercial interest and sea lions do not compete with fishermen over them. However, if the local artisanal fishery

Tabla 2. Frecuencia relativa de presas consumidas por el lobo marino, *Zalophus californianus* (Lesson, 1828), en Isla San Jorge, Sonora, México. 1998–1999.
Table 2. Relative frequency of prey eaten by California sea lions, *Zalophus californianus* (Lesson, 1828), at San Jorge Island, Sonora, Mexico. 1998–1999.

	Feb 98	Abr 98	Jun 98	Jul 98	Oct 98	Dic 98	Ene 99	Mar 99	Media
<i>n</i> =	12	10	12	25	44	26	58	47	
<i>Porichthys</i> sp.	25.00	11.11		18.51	18.61	16.67	15.44	15.28	15.08
<i>Lolliguncula panamensis</i>	12.50	11.11	8.33	7.41	4.66	11.11	16.18	22.22	11.69
<i>Pomadasys panamensis</i>	12.50	44.44		3.70	4.65	16.67	8.09	2.78	11.60
<i>Symphurus</i> sp.	25.00		8.33		4.65	8.33	1.47	5.56	6.67
<i>Haemulopsis</i> sp.	12.50		8.33		11.63	11.11	3.68		5.91
<i>Cyclopsetta querna</i>	12.50	11.11		7.41	2.33	2.78	3.68	2.78	5.32
sp. 6		11.11	16.67	7.41			2.21	1.39	4.85
<i>Cynoscion</i> sp.			25.00		4.65	5.56	2.94		4.77
<i>Cetengraulis mysticetus</i>			16.67	3.70	2.33	2.78	0.74	6.94	4.15
<i>Orthopristis redding</i>					11.63	5.56	5.88	2.78	3.23
sp. 4		11.11	8.33	3.70				1.39	3.07
<i>Trichiurus nitens</i>				11.11	4.65	2.78	3.68		2.78
<i>Synodus sechurae</i>					2.33	5.56	5.88	6.94	2.59
<i>Ancylopsetta</i> sp.				11.11	2.33		0.74	1.39	1.95
<i>Trachinotus</i> sp.			8.33	3.70			2.21		1.78
sp. 5				7.41			2.94	2.78	1.64
<i>Paralabrax</i> sp.						2.78	1.47	8.33	1.57
Serranidae n.i.					4.65	2.78	0.74	4.17	1.54
Haemulidae n.i.					4.65	2.78	3.68		1.39
sp. 8				7.41			0.74	2.78	1.37
<i>Eucinostomus argenteus</i>					6.98		0.74	2.78	1.31
<i>Eucionostomus gracilis</i>					2.33		4.41	1.39	1.02
<i>Micropogonias megalops</i>					6.98		0.74		0.97
<i>Engraulis mordax</i>				3.70				2.78	0.81
<i>Diplectrum</i> sp.							2.94	2.78	0.72
sp. 7				3.70			0.74		0.56
sp. 10						2.78		1.39	0.52
sp. 3							1.47	1.39	0.36
sp. 11							1.47		0.18
sp. 12							1.47		0.18
<i>Umbrina roncadior</i>							1.47		0.18
<i>Arius</i> sp.							0.74		0.09
<i>Lepohidium prorates</i>							0.74		0.09
sp. 9							0.74		0.09

Common English names for the species in tables 1 and 2, arranged in alphabetic order by scientific name. Taxonomic authors are indicated in table 1.

Ancylopsetta sp., flounder; *Arius* sp., sea catfish; *Cetengraulis mysticetus*, Pacific anchoveta; *Cyclopsetta querna*, toothed flounder; *Cynoscion* sp., weakfish; *Diplectrum* sp., sand perch; *Engraulis mordax*, Californian anchovy; *Eucinostomus argenteus*, spottin mojarra; *Eucionostomus gracilis*, Pacific flagfin mojarra; Haemulidae n.i., grunt; *Haemulopsis* sp., grunt; *Lepohidium prorates*, prowspline cusk-eel; *Lolliguncula panamensis*, Panama brief squid; *Micropogonias megalops*, bigeye croaker; *Orthopristis reddingi*, bronze-striped grunt; *Paralabrax* sp., sand bass; *Pomadasys panamensis*, Panama grunt; *Porichthys* sp., midshipman; Serranidae n.i., serrano; *Symphurus* sp., tongfish; *Synodus sechurae*, sechura lizardfish; *Trachinotus* sp., pompano; *Trichiurus nitens*, hairtail; *Umbrina roncadior*, yellowfin croaker.

Roffe y Mate, 1984; Lowry *et al.*, 1990, 1991) y, por la otra, estos estudios se llevaron a cabo en años diferentes.

Las presas consumidas por lobos marinos en la Isla San Jorge no son de interés comercial y los lobos no competirían con los pescadores por ellas. Sin embargo, si los pescadores ribereños locales incrementan su actividad del nivel actual, pueden surgir conflictos, así fuera sólo por las redes rotas y los lobos enmallados.

En cuatro ocasiones se obtuvieron las excretas de lobos marinos simultáneamente con la determinación de la dieta del bobo café, el ave ictiófaga más abundante en el área (Mellink *et al.*, 2001). El traslape en los valores de frecuencia relativa de las presas en las dietas de ambos fue 17% en junio de 1998, 20% en octubre de 1998, 1% en enero de 1999 y 16% en marzo de 1999. Estos valores son más elevados que los reales, ya que se consideró un traslape a nivel de familia cuando no fue posible identificar los otolitos a niveles inferiores. Aún así, los valores de traslape sugieren que los lobos marinos y los bobos cafés no compitieron por alimento durante este estudio.

En resumen, los lobos marinos en Isla San Jorge tuvieron una dieta basada en gran medida en *Porichthys* sp., *Pomadasys panamensis* y *Lolliguncula panamensis*, aparentemente forrajeando principalmente en el fondo del mar. Su dieta no traslapó de manera importante con la de los bobos cafés y estuvo basada en especies que no son de interés comercial.

Agradecimientos

Jorge Domínguez, Unai Markaida y Mark Lowry proporcionaron apoyo logístico, Oscar Sosa y Vicente Ferreira proporcionaron consejos y Jeff Seigel, Lilia Alemán, Oscar Pedrín, Juan Pablo Gallo y Manuel Nava amablemente nos permitieron el acceso a las colecciones a su cargo. Nuestro agradecimiento a todos ellos.

Referencias

Ainley, G.A., Huber, H.R. and Bailey, K.M. (1982). Population fluctuations of California sea lions and the Pacific whiting fishery off central California. *Fish. Bull.*, 80: 253–258.

Álvarez-Borrego, S. and Lara-Lara, J.R. (1991). The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. In: J.P. Dauphin and B.R.T. Simoneit (eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias. Memoir 47. American Association of Petroleum Geology*, pp. 555–567.

Anderson, D.W., Mendoza, J.E. and Keith, J.O. (1976). Seabirds in the Gulf of California: A vulnerable, international resource. *Nat. Resour. J.*, 16: 484–505.

Antonelis, G.A., Fiscus, C.H. and DeLong, R.L. (1984). Spring and summer prey of California Sea lion, at San Miguel Island, California, 1978–79. *Fish. Bull.*, 82: 67–76.

Aurioles-Gamboa, D. (1988). Behavioral ecology of California sea lions in the Gulf of California. Ph.D. thesis, University of California, Santa Cruz, 175 pp.

Aurioles-Gamboa, D. y Zavala-González, A. (1994). Algunos factores ecológicos que determinan la distribución y abundancia del lobo marino en el Golfo de California. *Cienc. Mar.*, 20: 535–553.

increases from the current levels, conflicts may arise, if only because of spoiled nets and entangled sea lions.

On four occasions, sea lion scats were obtained concurrently with the determination of the diet of brown boobies, the most abundant fish-eating bird in the area (Mellink *et al.*, 2001). Overlap in relative frequency values of the prey of both species was 17% in June 1998, 20% in October 1998, 1% in January 1999, and 16% in March 1999. These values are higher than the real values because we considered overlap at the family level when we could not identify below this taxonomic level. Even so, overlap values suggest that sea lions and brown boobies did not compete for food during our study.

In summary, sea lions at San Jorge Island had a diet based largely on midshipman, grunts and Panama brief squid, apparently foraging predominantly on the sea bottom. Their diet did not overlap importantly with that of brown boobies and was based on non-commercial species.

Acknowledgements

Jorge Domínguez, Unai Markaida and Mark Lowry provided logistical support; Oscar Sosa and Vicente Ferreira provided advice; and Jeff Seigel, Lilia Alemán, Oscar Pedrín, Juan Pablo Gallo and Manuel Nava kindly allowed access to the collections under their care. Our gratitude to all of them.

English translation by the authors.

Aurioles-Gamboa, D., Fox, C., Sinsel, F. and Tanos, G. (1984). Prey of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Bay of La Paz, Baja California Sur, Mexico. *J. Mammal.*, 65: 519–521.

Cottrell, P.E., Trites, A.W. and Miller, E.H. (1996). Assessing the use of hard parts in faeces to identify harbour seal prey: Results of captive-feeding trials. *Can. J. Zool.*, 74: 875–880.

García-Rodríguez, F.J. (1995). Ecología alimentaria del lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus*, en Los Islotes, BCS, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México.

García-Rodríguez, F.J. and Aurioles-Gamboa, D. (2004). Spatial and temporal variation in the diet of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California. *Fish. Bull.*, 102: 47–62.

Le Boeuf, B.J., Aurioles, D., Condit, R., Fox, C., Gisiner, R., Romero, R. and Sinsel, F. (1983). Size and distribution of the California sea lion population in Mexico. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 43: 77–85.

Lowry, M.S., Oliver, C.W., Macky, C. and Wexler, J.V. (1990). Food habits of California sea lions at San Clemente Island, California, 1981–86. *Fish. Bull.*, 88: 509–521.

Lowry, M.S., Stewart, B.S., Heath, C.B., Yochem, P.K. and Francis, M. (1991). Seasonal and annual variability in the diet of California sea lions at San Nicolas Island, California, 1981–86. *Fish. Bull.*, 89: 31–336.

Mellink, E. (1996). Problemas de conservación de la fauna silvestre en el estado de Baja California. En: *Memorias del XIV Simposio sobre Fauna Silvestre. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF*, pp. 135–144.

Mellink, E. (2000). Breeding of brown boobies in the Gulf of California: Seasonality and apparent effects of El Niño. *Waterbirds*, 23: 89–99.

- Mellink, E. (2003). Effect of the 1997–1998 El Niño and 1998–1999 La Niña events on breeding waterbirds and sea lions in the upper Gulf of California, Mexico. *Geofís. Int.*, 42: 539–546.
- Mellink, E. and Palacios, E. (1993). Notes on breeding coastal waterbirds in northwestern Sonora. *West. Birds*, 24: 29–37.
- Mellink, E., Domínguez, J. and Luévano, J. (2001). Diet of eastern Pacific brown boobies *Sula leucogaster brewsteri* on Isla San Jorge, northeastern Gulf of California, and an April comparison with diets in the middle Gulf of California. *Mar. Ornithol.*, 29: 39–44.
- Orta-Dávila, F. (1988). Hábitos alimenticios y censos globales del lobo marino (*Zalophus californianus*) en el islote El Racito, Bahía de Las Ánimas, Baja California, México, durante octubre 1986–1987. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México.
- Pierce, G.J. and Boyle, P.R. (1991). A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 29: 409–486.
- Roden, G.I. and Emilsson, I. (1979). Physical oceanography of the Gulf of California. *The Gulf of California Symposium*. UNAM, Mazatlán, Sinaloa, México.
- Roffe, T.J. and Mate, B.R. (1984). Abundances and feeding habits of pinnipeds in the Rogue River, Oregon. *J. Wildl. Manage.*, 48: 1262–1274.
- Sánchez-Arias, M. (1992). Contribución al conocimiento de los hábitos alimenticios del lobo marino en las islas Ángel de la Guarda y Granito, Golfo de California, México. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- Schramm-Urrutia, Y. (2002). Estructura genética y filogeográfica del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) en aguas adyacentes a la península de Baja California. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México.
- Spalding, D.J. (1964). Comparative feeding habits of the fur seal, sea lion and harbour seal on the British Columbia coast. *Fish. Res. Board Canada Bull.*, 46: 52.
- Zar, J.H. (1974). *Biostatistical Analysis*. 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Zavala-González, A. (1993). Biología poblacional del lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1828) en la región de las Grandes Islas del Golfo de California, México. Tesis de maestría en ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- Zavala-González, A. y Mellink, E. (1997). Entanglement of California sea lions, *Zalophus californianus californianus*, in fishing gear in the central-northern part of the Gulf of California, Mexico. *Fish. Bull.*, 95: 180–184.