

Interacción entre el lobo marino de California y la pesquería artesanal en la Bahía de La Paz, Golfo de California, México

Interaction between the California sea lion and the artisanal fishery in La Paz Bay, Gulf of California, Mexico

David Aurióles-Gamboa*
Francisco García-Rodríguez
Mauricio Ramírez-Rodríguez
Claudia Hernández-Camacho

Departamento de Pesquerías y Biología Marina
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
Apartado postal 592
La Paz, Baja California Sur, México
*E-mail: dgamboa@ipn.mx

Resumen

Se analizó información acerca de las presas del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) y la composición de la captura de la pesquería artesanal alrededor de la lobera de Los Islotes, Bahía de La Paz, México, para estimar la superposición y competencia potencial entre estos consumidores. Los lobos marinos consumen cerca de 435 t anualmente, con un pico de consumo en el invierno. La pesquería artesanal extrae cerca de 730 t de peces óseos anualmente, registrándose un incremento en verano. De acuerdo con muestreos que cubren cinco años entre 1980 y 1994, los lobos marinos depredaron sobre un total de 76 especies de peces; sin embargo, en términos de importancia relativa (IR), el 35% estuvo concentrado en cinco presas, de las cuales sólo una tiene valor comercial en el área. Los principales objetivos de la pesquería se centraron en cuatro familias que significaron el 76.2% de la captura total e incluyeron 28 especies. De estas especies, únicamente dos aparecieron en la materia fecal de lobo marino, siendo la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*) la única con valor comercial significativo, pero ésta estuvo pobremente representada en la dieta del lobo marino (< 5% IR). A pesar de la poca superposición en sus objetivos de pesca, la población de Los Islotes presenta el mayor índice de enmalle (7–9%) de todas las colonias de lobo marino estudiadas en México. Todas las categorías sexo/edad de lobo marino tuvieron índices de enmalle similares, siendo la fracción de lobos marinos enmallados aproximadamente proporcional en estructura a la población total, durante tres años distintos. Estos datos sugieren que la mayoría de los animales se enmallan accidentalmente y al azar. El enmalle se debe probablemente al efecto combinado del amplio uso de redes agalleras en la bahía y la superposición de las áreas de alimentación de los lobos marinos y las áreas operativas de los pescadores.

Palabras clave: lobo marino de California, pesquería artesanal, hábitos alimentarios, enmalle, México.

Abstract

Information about California sea lion prey and the artisanal fishery catch in the area of the Los Islotes sea lion rookery, in northeastern La Paz Bay, México, was examined to estimate potential overlap and competition between these consumers. Sea lions there consume about 435 t annually, with peak consumption in winter. The artisanal fishery captures about 730 t of bony fish annually, with an increase in summer. Based on a five-year study, sea lions preyed on 76 fish species, but in terms of relative importance (RI), 35% of these was represented by only five species, of which only one has regional commercial value. Principal fishery targets comprised 28 species in four families, representing 76.2% of the total capture. Of these, the remains of only two species appeared in sea lion scats, and of them, only the spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, has significant commercial value, but it is poorly represented as sea lion prey (< 5% RI). Despite the limited overlap with fishery target species, the Los Islotes population exhibited the highest entanglement index (7–9%) of all sea lion colonies studied in Mexico. All sex/age categories of sea lions showed similar entanglement indices, with the entangled fraction approximately proportional to the total population for three surveys in different years. The data suggest that most animals become entangled by accident. Entanglement is probably due to the combined effect of extensive gillnet deployment in the bay and overlap in the areas where sea lions feed and fishermen operate.

Key words: California sea lion, artisanal fishery, feeding habits, entanglement, Mexico.

Introducción

La interacción creciente entre las pesquerías y las poblaciones de mamíferos marinos es de gran interés, no sólo porque es uno de los principales problemas para su conservación (Northridge, 1985; Northridge y Hofman, 1999), sino también porque es difícil de evaluar y manejar racionalmente. Los pinnípedos, particularmente los otáridos, interactúan con las pesquerías ribereñas debido a que se reproducen en islas costeras y están asociados con áreas de alta productividad, como las zonas de surgencias (Costa, 1993), donde también operan muchas pesquerías.

Entre las especies que interactúan con las pesquerías costeras se encuentra el lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus* Lesson, 1828. Éste interactúa con la pesquería del salmón (Bigg *et al.*, 1990; Fraker y Mate, 1999); la merluza del Pacífico, *Merluccius productus* Ayres, 1855 (Fiscus, 1979; Ainley *et al.*, 1982); rocotes, *Sebastes* spp.; el calamar, *Loligo opalescens* Berry, 1911 (Fiscus, 1980; Jones, 1981); el arenque del Pacífico, *Engraulis mordax* Girard, 1854 (Fiscus, 1980); y la sardina Monterrey, *Sardinops sagax* Girard, 1854 (Aurióles-Gamboa y García-Rodríguez, 1999).

En el Golfo de California, las principales industrias pesqueras están basadas en la sardina Monterrey y el camarón. La pesquería artesanal, sin embargo, es muy común y constituye una importante fuente de productos y empleos. Ésta se caracteriza por ser una extensa flota regional de pequeños botes (pangas) de aproximadamente 7 m de largo. Los pescadores artesanales entran a menudo en conflicto con una variedad de mamíferos marinos, pero es el lobo marino de California, el único pinnípedo que se reproduce dentro del Golfo de California (Le Boeuf *et al.*, 1983), con el que hay más interacción. En este conflicto, los lobos marinos son afectados principalmente al enmallarse en las redes de pesca causándoles la muerte directamente por asfixia en inmersión o indirectamente debido a las heridas provocadas durante el escape. En la Bahía de La Paz el enmalle puede afectar hasta 5–7% de la población (Harcourt *et al.*, 1994), mientras que en algunas colonias del norte del Golfo de California este se ha registrado entre 0–2.2% (Zavala y Mellink, 1997).

Para las pesquerías artesanales, la pérdida económica es representada por los peces consumidos o dañados, las redes rotas o desechadas y el lucro cesante reparando redes y por consumo de gasolina.

En la Bahía de La Paz se usan diversas artes de pesca. De encuestas realizadas a 59 pescadores, los artes más comunes fueron línea y anzuelo (96.6%), redes agalleras de diferente luz de malla (25.1%) y buceo libre (3.38%) (SEMARNAT, 2000). Las redes agalleras son colocadas generalmente durante la noche, entre 2 y 30 m de profundidad. La mayoría de las redes son de monofilamento y están diseñadas para especies de peces óseos. Hay cerca de 18 diferentes tipos de redes en uso, dependiendo de luz de malla, área, coeficiente de estiramiento y diámetro de la línea principal. El tamaño de malla varía entre

Introduction

Increasing interaction between fisheries and marine mammal populations is of great concern, not only because it represents a major problem in marine mammal conservation (Northridge, 1985; Northridge and Hofman, 1999), but also because it is often difficult to evaluate and manage. Pinnipeds, particularly otariids, interact with inshore fisheries because they breed on coastal islands and are associated with areas of high productivity, such as upwelling zones (Costa, 1993), where many fisheries operate.

Among such species is the California sea lion, *Zalophus californianus californianus* Lesson, 1828, which interacts with the following fisheries: salmon (Bigg *et al.*, 1990; Fraker and Mate, 1999); Pacific hake, *Merluccius productus* Ayres, 1855 (Fiscus, 1979; Ainley *et al.*, 1982); rockfishes, *Sebastes* spp.; squid, *Loligo opalescens* Berry, 1911 (Fiscus, 1980; Jones, 1981); northern anchovy, *Engraulis mordax* Girard, 1854 (Fiscus, 1980); and Pacific sardine, *Sardinops sagax* Girard, 1854 (Aurióles-Gamboa and García-Rodríguez, 1999).

In the Gulf of California, the main fishing industries are based on Pacific sardine and shrimp. Artisanal fishing, however, is very common and provides products and employment. These fisheries are characterized by a large number of regional fleets of small, outboard-motor-driven, open boats (*pangas*) of about 7 m in length. These fishermen often interact negatively with a variety of marine mammals, but principally with the California sea lion, which is the only pinniped that breeds in the Gulf (Le Boeuf *et al.*, 1983). In these interactions, sea lions are affected mainly by entanglement in fishing gear that causes mortality either directly, by drowning, or indirectly, due to injuries sustained during the escape. In La Paz Bay, entanglement can affect as much as 5–7% of the population (Harcourt *et al.*, 1994), compared to 0–2.2% for more northern populations in the Gulf of California (Zavala and Mellink, 1997).

For the artisanal fisheries, economic loss is represented by fish being partially or completely consumed post-capture but prior to gear retrieval, nets damaged and/or discarded, and unproductive investment of time in gear deployment, in net repairs, and in gasoline consumption.

Fishermen operating in the Bahía de La Paz use several types of fishing gear. From a survey of 59 fishermen, the most common gear was hook-and-line (96.6%), followed by gillnets of different mesh size (25.1%), and free-diving (3.38%) (SEMARNAT, 2000). Gillnets are usually set between 2 and 30 m depth during the night, and most are constructed of monofilament line and designed for the capture of finfish species. About 18 different types are in use, varying in mesh size, surface area, mesh-stretch coefficient, and diameter of the principal line. Mesh size varies between 20 and 200 mm, but most frequently between 60 and 200 mm (Ramírez-Rodríguez, 1991).

La Paz Bay represents a good case study for sea lion/fishery interactions because the only fishery is artisanal and the only common pinniped in the area is the California sea lion.

20 y 200 mm, pero la más frecuente es entre 60 y 200 mm (Ramírez-Rodríguez, 1991).

La Bahía de La Paz representa un buen caso de estudio de las interacciones lobo marino-pesquerías, debido a que la única pesquería en la bahía es de tipo artesanal, y a que el único pinnípedo en el área es el lobo marino de California. Aunque entran en la Bahía de La Paz otras tres especies de pinnípedos (elefante marino *Mirounga angustirostris*, foca común *Phoca vitulina* y lobo fino de Guadalupe *Arctocephalus townsendi*; Aurioles-Gamboa *et al.*, 1993), su presencia es infrecuente y representada por individuos solitarios que tienen una mínima contribución a la interacción pinnípedos-pesquerías. Por un lado, existe información sobre la captura total de peces (biomasa), el tipo de arte de pesca, y la variación específica de la captura a lo largo del año (Ramírez-Rodríguez, 1991; Ramírez-Rodríguez, datos no publicados); por otro lado, Los Islotes es una colonia de lobo marino monitoreada desde 1978 donde se han realizado varios estudios sobre hábitos alimentarios, enmalle y dinámica poblacional. Esta información fue analizada conjuntamente para evaluar la interacción entre las pesquerías artesanales y los lobos marinos en la Bahía de La Paz.

En el presente trabajo se abordaron dos aspectos de la interacción entre lobos marinos y pesquería artesanal: (1) se determinó la superposición entre los hábitos del lobo marino y la composición de la pesquería y se compararon los niveles de consumo de alimento del lobo marino y la captura de las pesquerías; y (2) se midió el grado de enmalle de lobos marinos durante dos estaciones reproductivas (1998 y 2000) y se compararon con un estimado para 1992 con el objeto de determinar la importancia del problema y su tendencia en la Bahía de La Paz.

Materiales y métodos

Tamaño y estructura de la población de lobo marino de California en Los Islotes

Se realizaron mensualmente censos directos de la población por categorías de sexo y edad en la lobera de Los Islotes, en la boca de la bahía (fig. 1). Cada categoría está integrada por animales con las siguientes características morfológicas relacionadas con la edad y el sexo: machos adultos, machos sub-adultos, hembras adultas, juveniles y crías. La diferenciación y descripción morfológica se basó en diversos trabajos anteriores (Peterson y Bartholomew, 1967; Lluch, 1969; Orr *et al.*, 1970; Le Boeuf *et al.*, 1983).

Para determinar la fluctuación media de la población a lo largo de un año típico, se integró una base de datos con 110 censos poblacionales mensuales desde 1978 hasta 1986. La base de datos proviene de información ya publicada (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1983; Aurioles-Gamboa, 1988; Aurioles-Gamboa y Sinsel, 1988; Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991), y de datos aún no publicados.

Three other pinniped species occasionally enter the bay: elephant seals, *Mirounga angustirostris*; harbor seals, *Phoca vitulina*; and Guadalupe fur seals, *Arctocephalus townsendi* (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1993); however, their presence is infrequent and represented by solitary individuals with minimal contribution to pinniped/fishery interactions. Also, data exist for this area regarding fishery captures (biomass), types of fishing gear, fish species, and their variation during the year (Ramírez-Rodríguez, 1991; Ramírez-Rodríguez, unpublished data), as well as for the Los Islotes sea lion rookery, which has been monitored since 1978, and where several studies of feeding habits, entanglements and population dynamics have been made.

In the present study we address two aspects of the interaction between sea lions and the artisanal fishery: (1) overlap of sea lion feeding habits and fishery species composition; and (2) frequency of sea lion entanglement during two breeding seasons (1998 and 2000), comparing it to an estimate made in 1992 to determine the apparent trend of the problem in La Paz Bay.

Methods

Size and structure of the sea lion population at Los Islotes

Direct population censuses by sex and age categories were made monthly at the Los Islotes rookery, in the northeastern extremity of the bay (fig. 1). Each category includes individuals sharing age and sex characteristics as follows: adult

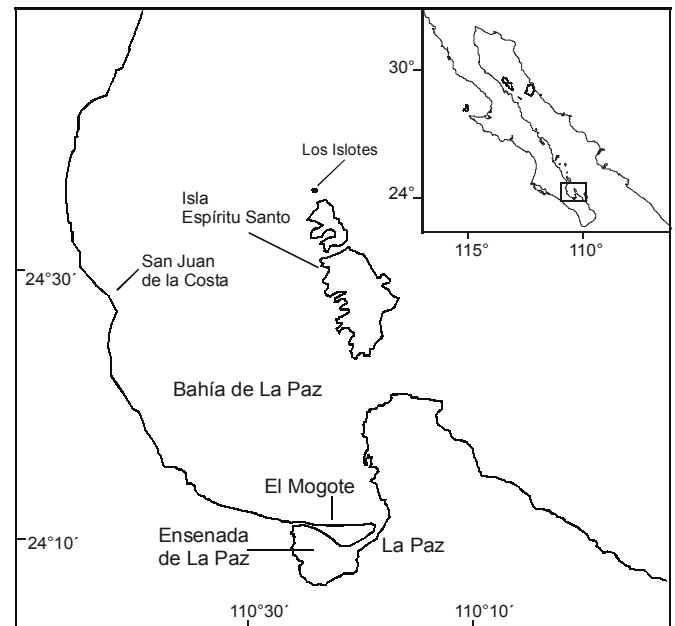


Figura 1. Localización de la Bahía de La Paz (México) y el sitio de estudio de Los Islotes en su extremo NE.

Figure 1. Map of La Paz Bay (Mexico), showing the study area of Los Islotes at its NE extremity.

Dado que no se aplicaron correcciones a los censos, existe una subestimación debido a que parte de la población se encuentra en el mar alimentándose. Asumimos que este error en los censos se repite en todos los muestreos, por lo tanto la composición de la población y su variación pueden ser aun interpretadas (Aurioles-Gamboa, 1988; Aurioles-Gamboa y Zavala, 1994).

Hábitos alimentarios

Se integró una base de datos de los hábitos alimentarios de lobo marino a partir de cuatro años de muestreos de su materia fecal (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1984; García-Rodríguez, 1995; Aurioles-Gamboa, datos no publicados) para determinar el espectro de alimentación promedio mensual de la población del lobo marino de Los Islotes. Se recolectaron mensualmente, con algunas excepciones, todas las deposiciones de materia fecal fresca de lobo marino disponibles en la lobera (cada muestra fue almacenado en una bolsa de plástico etiquetada y sin líquidos conservantes). Esta tarea fue realizada en meses discontinuos de acuerdo con el siguiente calendario: 1980 (septiembre y diciembre; 93 muestras); 1981 (enero, abril, junio, agosto, noviembre y diciembre; 172 muestras); 1982 (enero y abril; 27 muestras); 1990 (febrero, abril, junio, agosto y septiembre; 163 muestras); y 1993 (febrero, abril, junio y noviembre; 445 muestras).

En el laboratorio, la materia fecal fue separada utilizando una serie de tamices de 2.0, 1.19, 0.71 y 0.59 mm de luz de malla y bajo el chorro de agua. Todos los otolitos de peces y picos de cefalópodos fueron separados y mantenidos en seco para su posterior identificación.

La identificación de las presas se realizó con base a nuestra colección de otolitos de más de 110 especies, así como a referencias de la literatura (Fitch, 1964, 1966, 1968; Fitch y Brownell, 1968). Para los ejemplares no representados en nuestra colección o en las referencias fotográficas, se consultó la colección de otolitos del Museo de Historia Natural del Condado de Los Ángeles.

La importancia de cada presa en los hábitos alimentarios de los lobos marinos se basó en la abundancia relativa (AR) de sus otolitos en las heces: $AR = N_i \times 100/N$, donde N_i es el número de otolitos de la especie i y N es el número total de otolitos identificados. Existe un sesgo en esta aproximación debido a dos problemas principales: diferencias en biomasa entre las especies de peces, que pueden ser corregidas cuando existen regresiones del tamaño del otolito *versus* la longitud y peso del cuerpo del pez y, por lo tanto, cada otolito puede ser transformado en unidades de biomasa (Wyllie-Echeverría, 1987; Aurioles-Gamboa, 1991). También puede existir un sesgo debido a las diferencias potenciales en la digestión del otolito en el tracto del lobo marino, debido al tamaño y la composición mineral del otolito, por lo que puede subestimarse el número de otolitos presentes en cada muestra fecal, afectando así la importancia de la presa. Ninguno de estos sesgos fue considerado en el presente estudio, al igual que en muchos

males, subadult males, adult females, juveniles and pups. The characterization is based on several studies and it is used elsewhere (Peterson and Bartholomew, 1967; Lluch, 1969; Orr *et al.*, 1970; Le Boeuf *et al.*, 1983).

To determine average population fluctuation during a typical year, we compiled a database of 110 monthly censuses from 1978 through 1986, including data from Aurioles-Gamboa *et al.* (1983), Aurioles-Gamboa (1988), Aurioles-Gamboa and Sinsel (1988), Aurioles-Gamboa and Le Boeuf (1991), and unpublished data.

No corrections were applied to census data, so an underestimate exists because part of the population is always feeding at sea away from the rookery; however, we assume that the error is similarly repeated in all censuses and that population composition and its variation can thus be validly interpreted (Aurioles-Gamboa, 1988; Aurioles-Gamboa and Zavala, 1994).

Feeding habits

To determine average monthly feeding habits of the sea lion population at Los Islotes, a database was compiled from analyses of several scat (feces) samples (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1984; García-Rodríguez, 1995; Aurioles-Gamboa, unpublished data). All fresh sea lion scats were collected and separately stored in coded plastic bags during each monthly visit to the rookery. The samples were obtained in discontinuous months of several years: September and December of 1980 (93 scats); January, April, June, August, November and December of 1981 (172 scats); January and April of 1982 (27 scats); February, April, June, August and September of 1990 (163 scats); and February, April, June and November of 1993 (445 scats).

In the laboratory, the dried scats were sifted through a graded series of sieves of 2.0, 1.19, 0.71 and 0.59 mm mesh size. All fish otoliths and cephalopod beaks that appeared were separated for subsequent identification.

Identification of prey fishes was based on comparisons to otoliths in our collection of 110+ regional species, to photographs in the literature (Fitch, 1964, 1966, 1968; Fitch and Brownell, 1968), or to those in the John E. Fitch otolith collection housed in the Department of Ichthyology, Natural History Museum of Los Angeles County, California.

The importance of each fish species in sea lion feeding habits was based on relative abundance (RA) of its otoliths in the scats: $RA = N_i \times 100/N$, where N_i is the number of otoliths of the i th species, and N is the total number of otoliths identified. Bias is inherent in this approach because of two main problems: (1) differences in biomass among fish species, which can be corrected for when regressions of otolith size versus body length and weight of the fish species are available and each otolith can thus be transformed into biomass units (Wyllie-Echeverría, 1987; Aurioles-Gamboa, 1991); and (2) potential differences in otolith digestion (due to otolith size and mineral composition) during transit of the alimentary tract,

otros, debido a la falta de las regresiones mencionadas y de valores de digestión diferencial para la mayoría de los peces encontrados como presas.

Estimación del consumo de los lobos marinos

Peso promedio de los lobos marinos

Debido a que los censos por categoría de edad y sexo están basados en las características dimórficas y en la talla de los animales, éstos pueden ser utilizados para estimar el peso de cada categoría y aplicar tasas de consumo de alimento diferenciales para obtener estimaciones más aproximadas del consumo de alimento de la población. Se utilizó información de la literatura para determinar el peso promedio de cada categoría (Scheffer, 1958; Peterson y Bartholomew, 1967; Lluch, 1969; Odell, 1975; King, 1983; Auriolos-Gamboa, 1988; Perez *et al.*, 1990). El peso promedio para los machos adultos fue de 265 kg, para los machos subadultos de 180 kg, para las hembras adultas de 85 kg y para los juveniles de 38kg. Las crías fueron excluidas debido a que dependen principalmente de la leche de sus madres durante el primer año de vida.

Estimaciones del consumo de alimento

Perez *et al.* (1990) obtuvieron amplia información sobre el consumo de alimento de mamíferos marinos en cautiverio. De 13 hembras de lobo marino de California entre 54 y 118 kg de masa corporal, la cantidad de alimento ingerido por día fue equivalente al 5.15% ($\pm 0.58\%$) de su masa corporal, lo cual es probablemente bajo comparado con animales en vida libre que gastan energía en obtener su comida, particularmente las hembras lactantes. Costa (1991), utilizando agua isotópica doblemente etiquetada en experimentos con hembras lactantes de 85 kg de peso, estimó un consumo de alimento promedio de 60 g por buceo y 202 buceos por día. La masa de alimento ingerido diariamente fue igual a 12.12 kg, equivalente a 14.25% de su peso corporal. Este consumo diario fue 2.7 veces mayor que el estimado para las hembras en cautiverio (Perez *et al.*, 1990).

No existen estimaciones del consumo de alimento basadas en estudios metabólicos para las otras categorías (hembras no lactantes, machos subadultos y machos adultos de lobo marino de California), excepto para juveniles. Los animales incluidos en esta categoría pesaron cerca de 36 kg y presentaron un consumo de alimento diario de 10.1% respecto a su masa corporal (Costa, 1987, 1991). Por lo tanto, para un juvenil de 40 kg de peso, el consumo de alimento diario estimado es de aproximadamente 4.04 kg. Dado que los juveniles usualmente tienen tasas de consumo de alimento 1.4 veces mayores a las de los adultos (Innes *et al.*, 1987), estimamos la ingestión de alimento diario para las otras categorías en 7.2% de su masa corporal, por lo que para hembras adultas no lactantes resultó 6.12 kg/día, para machos subadultos 13 kg/día y para machos adultos 19 kg/día.

leading to underestimation of otolith numbers in the scats and thus affecting estimates of prey importance. Neither of these biases could be corrected for in the present study.

Estimate of sea lion food consumption

Average weight of sea lions

Because the population censuses by age and sex are based on dimorphic characters and body sizes, these can be used to estimate categories of average weights in order to apply differential food intake rates and obtain more accurate estimates of the population's food consumption. To determine average weight for each category, we compiled information from the literature (Scheffer, 1958; Peterson and Bartholomew, 1967; Lluch, 1969; Odell, 1975; King, 1983; Auriolos-Gamboa, 1988; Perez *et al.*, 1990). Average weight was 265 kg for adult males, 180 kg for subadult males, 85 kg for adult females, and 38 kg for juveniles. Pups were excluded because they depend mostly on their mothers for nourishment during their first year.

Food consumption estimates

Perez *et al.* (1990) presented extensive information on food intake of captive marine mammals. For 13 California sea lion females ranging from 54 to 118 kg, the amount of food ingested per day was 5.15% ($\pm 0.58\%$) of body mass, which is probably low compared to free-ranging animals expending energy to obtain food, particularly lactating females. Costa (1991), using doubly-labeled isotopic water in measurements with a lactating female weighing 85 kg, estimated an average food intake of 60 g per dive for 202 dives per day. Daily food mass ingested was thus 12.12 kg or 14.25% of body weight, and was 2.7 times that estimated for captive females (Perez *et al.*, 1990).

Estimates of food ingestion based on metabolic studies of other sex/age categories (non-lactating female, subadult male, adult male) are not available except for juveniles, which weighed about 36 kg and daily ingested 10.1% relative to body mass (Costa, 1987, 1991). Therefore, for a juvenile weighing 40 kg, the estimated daily food intake is about 4.04 kg. As juveniles usually have food consumption rates 1.4 times higher than that of adults (Innes *et al.*, 1987), we estimated the daily food ingestion for the other categories as 7.2% of body mass. Thus, for non-lactating adult females it was 6.12 kg/day; for subadult males, 13 kg/day; and for adult males, 19 kg/day.

Monthly mean food consumption by sex/age category

Estimates of daily food intake for each sex/age category were used with census data to estimate average monthly food consumption (AMC) of the Los Islotes population, as follows: $AMC = DI \times 30 \times PS_i$, where DI is the daily ingestion rate, 30 is the average number of days per month, and PS_i is the mean population size for the *i*-th category each month. The following

Ingestión de alimento promedio mensual por categoría

Para estimar el consumo de alimento por mes (CPM) se utilizaron las tasas de consumo de alimento junto con el número de lobos marinos en cada categoría de sexo y edad de la siguiente forma: $CPM = ID \times 30 \times TP_i$, donde CPM es el consumo de alimento promedio mensual, ID es la tasa de ingestión diaria, 30 es el número promedio de días por mes y TP_i es el tamaño poblacional promedio para la categoría i en cada mes. Se aplicaron las siguientes suposiciones a la población de lobo marino de California: (1) las crías pueden ser excluidas debido a que dependen principalmente de sus madres durante el primer año de vida (Peterson y Bartholomew, 1967); (2) el número de hembras lactantes en cada mes es igual al número de crías vivas registradas para el mismo mes en la lobera; y (3) los machos adultos no se alimentan durante la temporada reproductiva, de mediados de mayo a mediados de agosto (Peterson y Bartholomew, 1967).

El consumo de alimento mensual total por la población de lobo marino en la Bahía de La Paz fue distribuido entre las diferentes presas en proporción a la importancia relativa de cada presa durante ese mes.

Captura y composición de la pesquería artesanal

Se contó con los registros de todos los peces capturados anualmente en la Bahía de La Paz (fig. 1) durante el periodo 1987–1990, cubriendo todos los campos pesqueros y áreas de pesca de la bahía. Cada reporte de captura incluía especie, fecha, biomasa (kilogramo) y localidad de la captura (Ramírez-Rodríguez, 1997). La captura está compuesta de varias especies de peces (Osteichthyes y Elasmobranchii) y también de varias especies de crustáceos y moluscos. Sólo se utilizaron las capturas de peces óseos para la comparación, debido a que reportes previos indican que más del 90% del alimento de los lobos marinos en la Bahía de La Paz son peces óseos (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1984; Aurioles-Gamboa, 1988; García-Rodríguez, 1995; Orr, 1998).

Incidencia de lobos marinos enmallados

Se examinó la población de lobo marino de Los Islotes para determinar la presencia de restos de redes o cicatrices producidas por el enmallamiento. Cada animal afectado fue identificado con fotografías y dibujos. El registro de animales enmallados se realizó en las temporadas reproductivas de 1998 y 2000 en Los Islotes y se estimó la frecuencia de lobos marinos en cada categoría de sexo y/o edad específica, y luego esta estructura se comparó con la población total de lobo marino observada en Los Islotes. Existe una estimación previa de lobos marinos con marcas de enmalle hecha en 1992 (Harcourt *et al.* 1994); sin embargo, estos datos estaban basados en censos ajustados. Para comparar nuestros datos y otros de la literatura con la estimación de 1992, usamos la lista de animales enmallados reportados por Harcourt *et al.* (1994), pero la

assumptions were applied: (1) pups are excluded because they depend mostly on their mothers for nourishment during the first year of life (Peterson and Bartholomew, 1967); (2) the number of lactating females each month is equal to the number of live pups in the rookery that month; and (3) adult males do not feed during the breeding season, from mid-May to mid-August (Peterson and Bartholomew, 1967). Total monthly food consumption of sea lions in La Paz Bay was then allocated among the different prey species in proportion to the relative importance of each species consumed during that month.

Catch and composition of the artisanal fishery

Records for fishes caught in La Paz Bay (fig. 1) were available for the years 1987 through 1990, covering all fishing camps and fishing areas of the bay. Each catch report includes species, date, catch (kilogram), and location (Ramírez-Rodríguez, 1997). The total catch is composed of several species of fishes (both bony and cartilaginous—sharks and rays), as well as several species of crustaceans and mollusks. Only bony fish (finfish) catches were used in the present study, since previous reports indicate that they constitute more than 90% of the sea lion food in La Paz Bay (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1984; Aurioles-Gamboa, 1988; García-Rodríguez, 1995; Orr, 1998).

Incidence of entangled sea lions

During the breeding seasons of 1998 and 2000, sea lions at Los Islotes were examined for presence of net debris and scars produced by entanglement events. Each affected animal was identified by photographs and sketches, and the frequency in each sex/age category was estimated and compared to the total population at Los Islotes. A previous estimate of sea lions involved in entanglement events at Los Islotes exists from 1992 (Harcourt *et al.*, 1994), but it was based on adjusted census data. To allow comparison of our data and others from the literature with the 1992 estimate, we used the record of entangled animals reported by Harcourt *et al.* (1994), but compared it to the population census from our database for 1992. We then calculated the fraction of the sea lion population showing signs of old or recent entanglements (PE) for 1992, 1998 and 2000, as $PE = IE \times 100/TP$, where IE is the number of individuals showing marks of entanglement, and TP is the total population of sea lions censused at Los Islotes for each survey (year).

Results

Population fluctuation during the year

Monthly variation in the total sea lion population at Los Islotes over the period 1978–1986 (fig. 2a) shows two peaks of abundance, one in summer and the other in winter, as described by Aurioles-Gamboa *et al.* (1983) and Aurioles-Gamboa

comparamos con los censos de población de 1992 de nuestra base de datos para dicho año. Posteriormente, calculamos la proporción de la población de lobo marino que mostraba signos de enmallamiento viejo o reciente (PE) para 1992, 1998 y 2000, como $PE = IE \times 100 / PT$, donde IE, es el número de individuos con marcas de red y PT es el tamaño poblacional total de lobos marinos censado en Los Islotes en cada visita (año).

Resultados

Fluctuación poblacional a lo largo del año

La variación en la población total de lobo marino de California de Los Islotes entre 1978 y 1986 (fig. 2a) revela dos picos de abundancia: uno en verano y otro en invierno. Estos picos han sido descritos previamente (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1983; Aurioles-Gamboa, 1988) y coinciden parcialmente con fluctuaciones observadas en otras áreas (Odell, 1975). El pico poblacional de verano es producido por la presencia de hembras reproductoras y sus crías. Las hembras adultas están presentes a lo largo de todo el año, pero se incrementan en número de mayo a septiembre. El pico de invierno es generado principalmente por los machos subadultos (fig. 2b), que son abundantes de noviembre a marzo y luego disminuyen a lo largo de la primavera y el verano.

Consumo de alimento por los lobos marinos a lo largo del año

La biomasa mensual consumida por la población de lobo marino en Los Islotes se estimó en alrededor de 20 a 50 t y el consumo de alimento anual total fue estimado en cerca de 435 t. Con base en la estructura de la población en cada mes, en la figura 2c se muestra la fluctuación del consumo de alimento. Las hembras adultas tienen su máximo consumo de alimento cuando la mayoría de las hembras lactantes está presente, y luego éste empieza a disminuir hasta mayo. Mayo presenta el menor consumo debido a una disminución general en el número de individuos de todas las categorías, previa a la temporada reproductiva. El mayor consumo de alimento por los lobos marinos ocurre en invierno y es determinado en su mayor parte por los machos subadultos (diciembre y enero), quienes consumen entre 60% y 80% de las aproximadamente 50 t consumidas en cada uno de esos meses por toda la población (fig. 2c).

Composición de la dieta de los lobos marinos

Se reconocieron un total de 75 especies como presas del lobo marino en los Islotes. La figura 3 muestra las cinco presas preferenciales (de 15% a 4% en importancia relativa). Las 71 presas restantes (cada una con menos del 2%) formaron un grupo que representó cerca del 65% de importancia relativa.

(1988), and which coincide partially with fluctuations observed in other areas (Odell, 1975). The summer peak is produced by breeding females and their pups; although adult females are present year round, they increase from May to September. The winter peak is generated mostly by subadult males (fig. 2b),

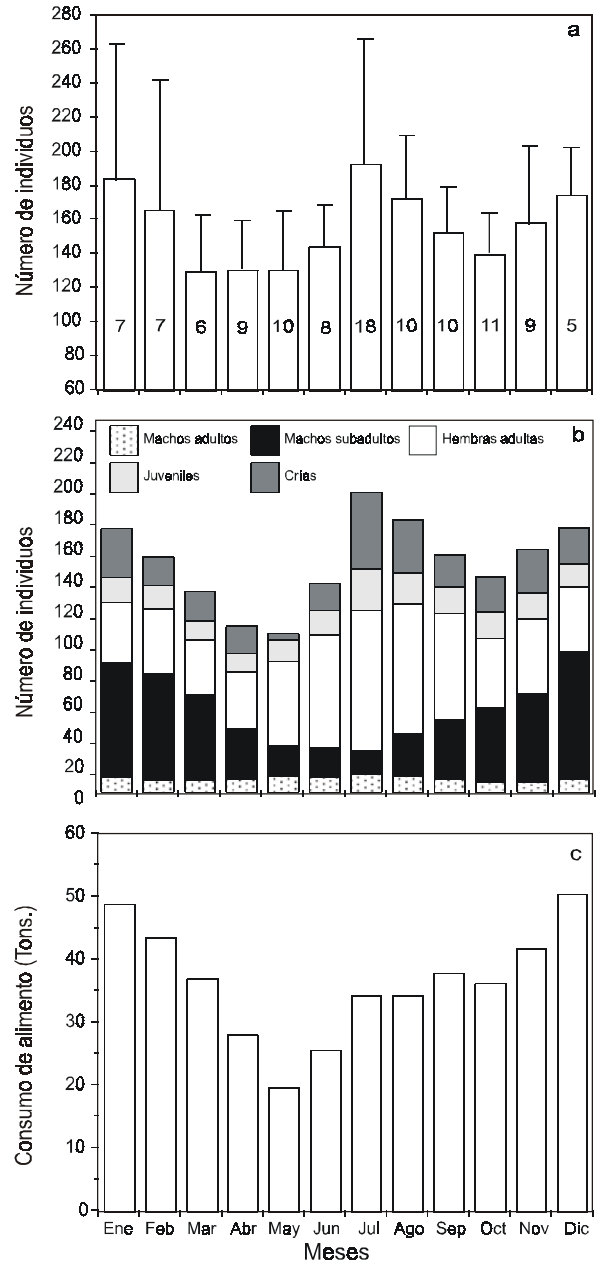


Figura 2. (a) Variación media mensual de la población de lobo marino de California en Los Islotes; los números dentro de las barras representan el número de censos sobre los años. (b) Estructura mensual de la población por sexo y edad (se muestra una mayor abundancia de hembras adultas en verano y un mayor número de machos subadultos en invierno). (c) Consumo de alimento mensual (toneladas) de la población.

Figure 2. (a) Mean monthly variation of the California sea lion population at Los Islotes; numbers within the bars are the number of censuses over the years. (b) Monthly sex/age structure of the population (note more adult females in summer and more subadult males in winter): Machos adultos = adult males, Machos subadultos = subadult males, Hembras adultas = adult females, and Crias = pups. (c) Monthly food consumption (tons) of the population.

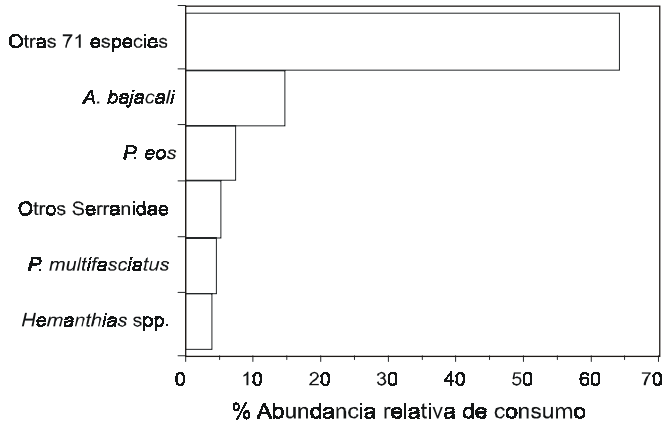


Figura 3. Los cinco taxa de presas principales de lobo marino de California en Los Islotes (cada uno de los otros 71 taxa tuvieron menos del 2% de abundancia relativa de consumo).

Figure 3. The five principal prey taxa of California sea lions at Los Islotes (the 71 other taxa each showed less than 2% relative abundance in the diet).

La presencia de estas presas fue consistente a través de los años de muestreo, subrayando la relevancia de estas presas en la dieta del lobo marino; sin embargo, estos peces fluctuaron en abundancia a lo largo del año como se muestra en la figura 4. Una de las principales especies es el pez serpiente *Aulopus bajacali* Parin y Kotlyar, 1984, que habita en profundidades de 80 a 230 m, y que algunas veces es encontrada en montañas submarinas (*guyots*) y en bancos de mar abierto. La fluctuación mensual en la abundancia de *A. bajacali* a lo largo del año (fig. 4a) es semejante a la fluctuación del número de machos subadultos en Los Islotes (fig. 2b). Esta especie no tiene valor comercial en el área y se conoce poco sobre su ecología y biología. El serrano *Pronotogrammus eos* Gilbert, 1890, junto con *P. multifasciatus* Gill, 1863, fueron presas recurrentes en la materia fecal del lobo marino. El primero fue consumido en un patrón irregular a lo largo del año (fig. 4b), mientras que el segundo fue más abundante en los copros de febrero a agosto (fig. 4c). *Pronotogrammus multifasciatus* habita en profundidades de alrededor de 40 a 200 m (Robins *et al.*, 1991), mientras que *P. eos* es encontrado entre 155 y 325 m (Heemstra, 1995).

Especies comerciales y su consumo por lobos marinos

La biomasa anual total extraída por la pesquería artesanal fue de alrededor de 1380 t, de las cuales cerca de 730 t correspondieron a peces que son presas potenciales de los lobos marinos. La tendencia de la captura mensual de peces se muestra en la figura 5, observándose un incremento en la biomasa de enero a julio, seguido de un descenso hacia diciembre. El incremento en la captura por la pesquería artesanal durante el verano siguió un patrón opuesto al menor consumo de alimento por los lobos marinos durante el mismo periodo (fig. 2c).

abundant from November to March, then decreasing through spring and summer.

Food consumption during the year

The monthly biomass of fishes consumed by the sea lion population at Los Islotes varied from 19.5 to 50.2 t, and total annual food consumption was 435.4 t. Based on the monthly population structure, the fluctuation in food consumption is shown in figure 2c. Maximum food consumption of adult females occurs when most of the lactating females are present, and then begins to decrease until May. May has the lowest consumption because of a general reduction in the number of all categories prior to the breeding season. Highest food consumption occurs in winter (December and January) and is largely determined by subadult males, accounting for 60–80% of the approximately 50 t consumed in each of these months by the entire population (fig. 2c).

Food composition

A total of 75 taxa of bony fishes was recorded as eaten by sea lions at Los Islotes. Figure 3 shows the five preferred prey taxa (4% to 15% in relative abundance). Four of the five taxa are composed of members of the sea bass family Serranidae, and the fifth of the flagfin family Aulopidae. The other 71 prey taxa (each representing less than 2%) accounted for about 65% of the relative abundance.

Presence of these prey taxa was consistent throughout the several years of scat sampling and otolith analyses, underscoring their relevance in the sea lion diet; however, their abundance in the samples fluctuated during the year, as shown in figure 4. A principal prey species is the eastern Pacific flagfin, *Aulopus bajacali* Parin and Kotlyar, 1984, which inhabits depths of about 80 to 230 m, and is often found on submarine mounts and guyots, and over offshore banks. The monthly fluctuation in *A. bajacali* abundance in our samples (fig. 4a) resembles the monthly fluctuation in the number of subadult male sea lions (fig. 2b); this species has no commercial value and very little is known about its ecology and biology. The bigeye bass, *Pronotogrammus eos* Gilbert, 1890, and the threadfin bass, *P. multifasciatus* Gill, 1863, were recurrent prey items in sea lion scats. The former was consumed in an irregular pattern during the year (fig. 4b), whereas the latter was more abundant in scats from February through August and in October (fig. 4c). *Pronotogrammus multifasciatus* has been recorded at depths of about 40–200 m, while the deeper-living *P. eos* is found at about 155–325 m (Heemstra, 1995).

Fishery species and sea lion consumption

The total annual biomass caught by the artisanal fishery was around 1380 t, of which about 730 t corresponded to fishes that are potential prey of sea lions. The trend in monthly fish captures is shown in figure 5, with biomass increasing from January to June/July, then decreasing the rest of the year.

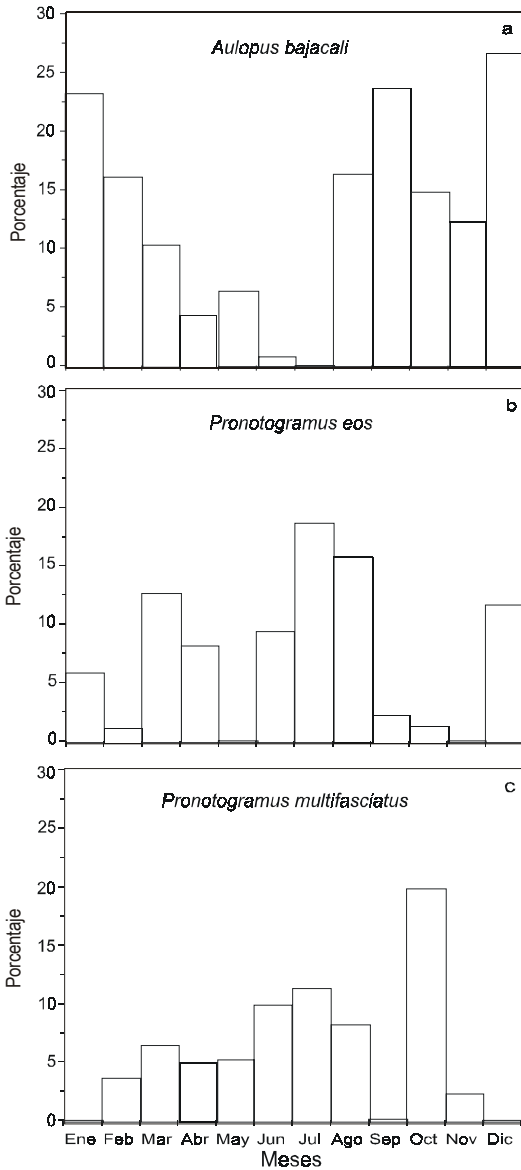


Figura 4. Abundancia mensual de las tres principales especies de presas identificadas en copros de lobo marino en Los Islotes: (a) el pez serpiente del Pacífico oriental, *Aulopus bajacali*, disminuye en abundancia durante el verano; (b) el serrano ojón, *Pronotogrammus eos*, se incrementa en abundancia en verano; y (c) el serrano baja, *P. multifasciatus*, está generalmente presente a lo largo del año excepto en septiembre, diciembre y enero.

Figure 4. Monthly abundance of the three principal prey species identified in Los Islotes sea lion scats: (a) the eastern Pacific flagfin, *Aulopus bajacali*, decreases in abundance during summer; (b) the bigeye bass, *Pronotogrammus eos*, increases in abundance in summer; and (c) the threadfin bass, *P. multifasciatus*, is generally present throughout the year except for September, December and January.

Las principales especies de peces capturados por la pesquería artesanal durante el periodo de estudio se muestran en la figura 6 (no incluye moluscos y tiburones). Entre las principales familias se encontraron los Lutjanidae, Serranidae, Malacanthidae y Carangidae. Estas cuatro familias representaron el 76.2% de la captura total en la bahía. Las especies

Increased catches during the summer contrast with lower food consumption by sea lions during the same period (fig. 2c).

The principal families of bony fishes caught by the artisanal fishery during the study period are shown in figure 6. Main target species were of the families Lutjanidae (snappers), Serranidae (sea basses and groupers), Malacanthidae (tilefishes), and Carangidae (jacks). These four families accounted for 76.2% of the total catch in the bay. The fishery's principal target species are contrasted to the principal sea lion prey species in table 1. Of the 28 principal species captured commercially, only two (7.14%) also appeared in sea lion

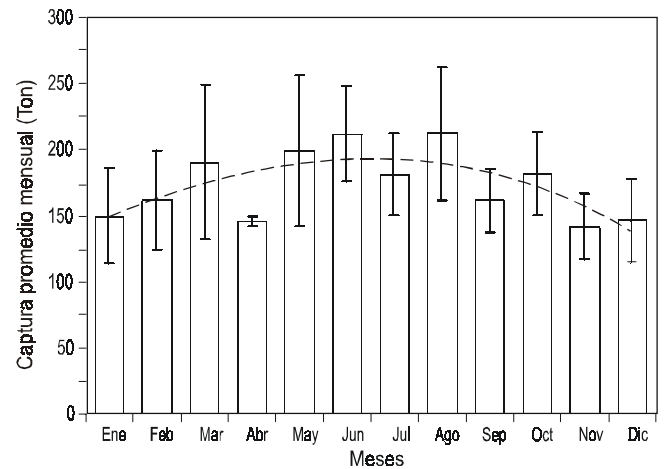


Figura 5. Fluctuación media mensual de la captura de peces óseos en la Bahía de La Paz. La línea horizontal muestra el patrón general a lo largo del año, con un incremento en verano. La reducción general en las capturas de noviembre a febrero es debida principalmente a una disminución en el esfuerzo por mal tiempo.

Figure 5. Mean monthly capture (tons) of bony fishes (finfish) in La Paz Bay. The horizontal line shows the general trend throughout the year, with an increase in summer. The general reduction in captures from November to February is mainly due to reduced fishing effort because of poor weather.

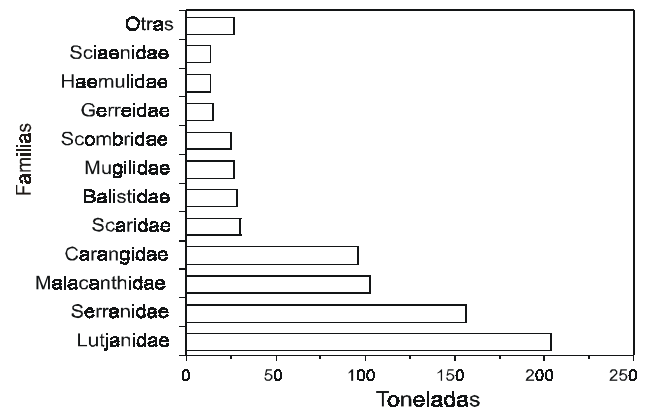


Figura 6. Captura anual de las principales familias de peces extraídas por la pesquería artesanal en la Bahía de La Paz. Las cuatro familias más abajo en la figura representan el 76.2% del total de captura anual.

Figure 6. Annual capture (tons) of principal finfish families taken by the artisanal fishery at La Paz Bay. The lowermost four families in the chart represent 76.2% of the total annual catch (otras = other).

incluidas en estas familias y las principales especies que son presas del lobo marino se muestran en la tabla 1. De las 28 especies capturadas comercialmente, únicamente dos (7.14%) aparecieron en las muestras fecales de lobo marino, siendo la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus* Steindachner, 1868, la única con valor comercial significativo. Sin embargo, esta especie representó menos del 5% de importancia relativa dentro de la dieta del lobo marino (fig. 3).

Enmallamiento de lobos marinos

Durante 1998 se realizaron tres visitas mensuales a la lobera (junio, julio y agosto) de seis días cada una. Durante esos viajes, se registraron un total de 17 animales (12 hembras adultas, 1 juvenil, 3 machos subadultos y 1 macho adulto) con restos de red en cuellos o cabezas, con heridas recientes o con cicatrices viejas. En el periodo de mayo a agosto de 2000, se realizaron cuatro viajes mensuales de cuatro días cada uno, identificándose un total de 19 individuos afectados por redes de pesca (16 hembras adultas, 1 juvenil, 1 macho subadulto y 1 macho adulto).

La distribución por sexo y edad de la población enmallada, comparada con la estructura de la población total observada en Los Islotes (fig. 7), no fue significativamente diferente en ninguno de los tres años (incluido 1992). El número de animales enmallados de cada categoría tuvo una alta correlación con las categorías similares de la población total ($r = 0.97$; g.l. 10; $P > 0.028$; $R^2 = 95\%$), un análisis de ji-cuadrada confirmó que las dos series de categorías de sexo y edad mostraron resultados similares (1992: $\chi^2 = 1.61$, g.l. 3; 1998: $\chi^2 = 1.79$, g.l. 3; 2000: $\chi^2 = 0.63$, g.l. 3; $P < 0.05$). Estos datos sugieren que los individuos de cualquier categoría tuvieron la misma probabilidad de quedar enmallados.

El porcentaje de lobos marinos que mostraron marcas de enmalle, relativo al total de la población, fue muy cercano en los tres años de muestreo, observándose una ligera disminución en los siguientes años: 1992 = 10.4%, 1998 = 9.9%, y 2000 = 8.75%.

Tipos de redes involucradas en el enmalle

Algunos lobos marinos de Los Islotes fueron rescatados para eliminar los restos de redes de sus cuerpos y determinar el tipo de material. En la tabla 2 se muestran los datos relacionados con las capturas. Todos los animales fueron capturados con red tipo mariposa y fueron liberados inmediatamente después de quitarles el material de pesca, de ese modo se redujo el manejo a un tiempo promedio de 15 min.

Discusión

La fluctuación en la población de lobo marino de Los Islotes fue consistente año con año, y estuvo influenciada por dos factores principales: (1) la estación reproductiva (verano), cuando hembras adultas, juveniles y los crías son más

scats, and only one of these, the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* Steindachner, 1868, has significant commercial value. However, this species represented less than 5% of the relative abundance in the sea lion diet (fig. 3).

Entanglement of sea lions

In 1998, three monthly trips (June, July and August) of six days each were made to Los Islotes. During these surveys, a total of 17 sea lions (12 adult females, 1 juvenile, 3 subadult males, and 1 adult male) were observed with net debris on their necks or heads, with recent wounds, or with old and healed scars. In 2000, four monthly trips (May to August) of four days each produced a total of 19 individuals with similar evidence of entanglement (16 adult females, 1 juvenile, 1 subadult male, and 1 adult male).

The sex/age distribution of the entangled population compared to that of the total population observed at Los Islotes (fig. 7) was not significantly different in any of the three years (including 1992). The number of animals entangled in each category was significantly correlated with the same categories in the total population ($r = 0.97$; d.f. 10; $P < 0.028$; $R^2 = 95\%$), and chi-square analyses confirmed that the two sets of sex/age data showed similar results (1992: $\chi^2 = 1.61$, d.f. 3; 1998: $\chi^2 = 1.79$, d.f. 3; 2000: $\chi^2 = 0.63$, d.f. 3.; $P < 0.05$). These data suggest that individuals of any sex/age category have the same probability of becoming entangled.

The number of sea lions showing signs of entanglement, as a percentage of the total population, was similar over the three years: 1992 = 10.4%, 1998 = 9.9%, and 2000 = 8.75%.

Types of gillnets involved in entanglement

Some sea lions involved in entanglement events at Los Islotes were rescued; the gillnet debris was removed from their bodies and the type of netting recorded. Table 2 presents data related to these rescues. The animals were caught with butterfly net and released immediately after removing the debris, so that average handling time was reduced to 15 min.

Discussion

The fluctuation in sex and age distribution of the sea lion population at Los Islotes was consistent from year to year, influenced by two main factors: (1) the summer breeding season, when adult females, juveniles and pups are most abundant; and (2) winter immigration of many subadult males, strongly impacting the overall food consumption of the population. During the breeding season, food consumption was lower than in winter because although pups contribute to the increase in population, their nourishment is supplied by their lactating mothers.

During summer, most food consumption of the population is by adult females and juveniles, and their foraging is focused on two species of serranid fishes, *Pronotogrammus eos* and

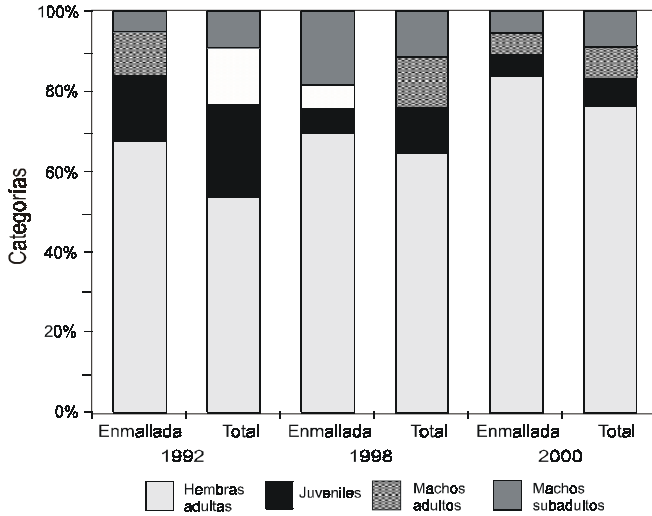


Figura 7. Proporción por categorías de edad y sexo de la población de lobos marinos enmallados y del total de la población de Los Islotes en tres diferentes años. Las dos poblaciones fueron estadísticamente similares en cada año. En ambos casos (la población enmallada y total), es aparente un incremento en la proporción de hembras.

Figure 7. Proportion by sex and age categories (adult females, juveniles, adult males and subadult males) of the entangled sea lion population and of the total population at Los Islotes in three different years. Both populations were statistically similar for each year. In both cases (entangled and total populations), an increase in the proportion of females is evident.

abundantes; y (2) el pico de invierno, cuando los machos subadultos inmigrantes son abundantes y tienen un fuerte impacto sobre el consumo de alimento total de la población. Durante la temporada reproductiva, el consumo de alimento fue menor que en el invierno. Esto se debe a que las crías contribuyen al incremento de la población, pero se encuentran en su periodo de lactación.

En verano, la mayoría del consumo se debe a las hembras adultas y a los juveniles, concentrándose en dos especies de peces del género *Pronotogrammus*. Diciembre y enero fueron los meses con el mayor consumo de alimento, debido en este caso a la presencia de los machos subadultos. Mayo tuvo el menor consumo de alimento debido a que en ese mes, tanto los machos subadultos como las hembras adultas estuvieron presentes en menor número.

La especie que apareció con mayor frecuencia en la materia fecal del lobo marino fue el pez serpiente *A. bajacali*, la cual también fue su presa más importante en un estudio realizado en 1994–1995 (Orr, 1998). La especie fue consumida principalmente en el invierno y no se encontraron restos en los copros recolectados en junio y julio. Un patrón similar fue reportado por Orr (1998), aunque este autor encontró menos restos de *Aulopus* durante la estación reproductiva (número 12 en el rango de importancia). La aparición de restos de *A. bajacali* a principios de agosto y su posterior incremento coinciden con la llegada de los machos subadultos a Los Islotes y es equiparable al incremento en el número de machos subadultos. Aunque circunstancial, el patrón sugiere que *A. bajacali* deber ser principalmente consumido por los machos subadultos.

Tabla 1. Principales especies de presas del lobo marino en Los Islotes y las especies principales de peces que componen la pesquería artesanal en la Bahía de La Paz, México. Especies en negritas indican aquellas especies que comparten lobos marinos y pesquerías.

Table 1. Principal sea lion prey species at Los Islotes, and principal species of fishes targeted by the artisanal fishery at La Paz Bay, Mexico. Species in bold indicate species shared by sea lions and fisheries.

Lobo marino	Pesquería artesanal
Aulopidae (aulópidos/ <i>flagfins</i>)	Lutjanidae (pargos/ <i>snappers</i>)
<i>Aulopus bajacali</i>	<i>Lutjanus peru</i>
	<i>Lutjanus argentiventris</i>
	<i>Lutjanus guttatus</i>
	<i>Lutjanus novemfasciatus</i>
	<i>Lutjanus aratus</i>
	<i>Lutjanus viridis</i>
	<i>Lutjanus colorado</i>
	<i>Hoplopagrus guentheri</i>
Serranidae (cabrillas y meros/ <i>sea basses and groupers</i>)	Serranidae
<i>Pronotogrammus eos</i>	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>
<i>Pronotogrammus multifasciatus</i>	<i>Epinephelus analogus</i>
<i>Hemanthias peruanus</i>	<i>Paralabrax auroguttatus</i>
<i>Hemanthias signifer</i>	<i>Epinephelus acanthistius</i>
Otros serránidos/ <i>other serranids</i> :	<i>Epinephelus labriformis</i>
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	<i>Mycteroperca rosacea</i>
<i>Epinephelus analogus</i>	<i>Mycteroperca jordani</i>
<i>Paralabrax auroguttatus</i>	<i>Paranthias colonus</i>
<i>Paralabrax loro</i>	<i>Cephalopholis panamensis</i>
<i>Paralabrax</i> sp.	
<i>Epinephelus niphobles</i>	<i>Serranus</i> spp.
<i>Diplectrum</i> sp.	
<i>Serranus aequidens</i>	
	Malacanthidae (blanquillos/ <i>tilefishes</i>)
	<i>Caulolatilus affinis</i>
	<i>Caulolatilus princeps</i>
	Carangidae (jureles y pámpanos/ <i>jacks</i>)
	<i>Caranx caballus</i>
	<i>Caranx caninus</i>
	<i>Caranx vinctus</i>
	<i>Seriola lalandi</i>
	<i>Seriola rivoliana</i>
	<i>Carangoides otrynter</i>
	<i>Gnathanodon speciosus</i>
	<i>Trachinotus rhodopus</i>

P. multifasciatus. December and January were the months with highest food consumption, in this case due to subadult males. May had the lowest overall food consumption because

En general, la información registrada sugiere poca superposición sobre los recursos pesqueros entre la pesquería artesanal y la población de lobo marino. Esta conclusión está basada en los siguientes argumentos. (1) Los lobos marinos en la Bahía de La Paz depredaron principalmente sobre especies que no fueron objetivo de los pescadores artesanales; *A. bajacali* y *Pronotogrammus* spp. son habitantes de aguas moderadamente profundas, quedando fuera del rango de pesca de los pescadores, lo que explicaría, al menos parcialmente, por qué estas especies no son capturadas por la pesquería artesanal. (2) El consumo del lobo marino a lo largo del año tuvo una tendencia opuesta a la de la captura de la pesquería artesanal, indicando que cuando los machos subadultos se incrementan en número y el consumo de alimento total por el lobo marino es mayor, la pesquería disminuye su esfuerzo de captura; los pescadores artesanales reducen la pesca de noviembre a abril debido a que los vientos intermitentes del noreste causan mal tiempo (Ramírez-Rodríguez, 1997). (3) Las dos especies comerciales que estuvieron presentes en la materia fecal del lobo marino tuvieron una baja frecuencia en la dieta y un valor comercial significativo.

En contraste con esta última evidencia, los lobos marinos en La Bahía de La Paz presentan el mayor índice de enmalle (8.75–10.4%) en el Golfo de California (Harcourt *et al.*, 1994; Zavala y Mellinck, 1997) y con valores varias veces mayores al 0.08% reportado en California (Stewart y Yochem, 1987) y al 0.002% registrado en las Islas San Benitos (Aurioles-Gamboa, datos no publicados). El amplio uso de redes agalleras en la Bahía de La Paz es probablemente la causa principal de la alta tasa de enmalle de lobos marinos, particularmente durante los viajes de alimentación nocturnos, cuando el nylon no es detectado. Los lobos marinos parecen enmallarse por accidente, ya que la estructura de edad y sexo similar entre la población enmallada y la población total de Los Islotes sugiere que todas las clases se enmallan con la misma probabilidad.

En el verano, las dos categorías que sufren mayores tasas de enmalle son las hembras adultas y los juveniles. Esto coincide con el momento en que la pesquería artesanal incrementa su esfuerzo y hay más redes agalleras en la bahía, mientras que la población de lobo marino se está reproduciendo y las hembras adultas y los juveniles son los principales depredadores de la colonia. Esta concentración temporal de redes agalleras puede tener un efecto negativo en la nutrición y la supervivencia de las hembras adultas, afectando la supervivencia de sus crías.

Pese a estas capturas incidentales no se ha detectado ningún efecto negativo aparente en la dinámica de la población de Los Islotes. La población de lobo marino de Los Islotes ha mostrado un incremento constante en los últimos diez años (Castro-González *et al.*, 2001). Sin embargo, si la tasa de enmalle incrementa y continúa afectando a las hembras adultas y a los juveniles, es de esperarse efectos perjudiciales a largo plazo.

of the fewer number of both subadult males and adult females at that time.

The most frequent prey species recorded in sea lion scats was the flagfin *A. bajacali*, which was also the most abundant prey taxon in a study conducted during 1994–1995 (Orr, 1998). During the period of the present study, *A. bajacali* was consumed mainly in winter, with almost no remains found in scats during June and July. A similar pattern was reported by Orr (1998), although he found fewer *A. bajacali* remains during the breeding season (12th in abundance). The occurrence of *A. bajacali* remains in August and the subsequent increase, parallels the arrival and increasing presence of subadult males at Los Islotes. Although circumstantial, this pattern would suggest that *A. bajacali* is mainly consumed by subadult males.

The data show very little overlap of the fish resources targeted by the artisanal fishery and foraged by the sea lion population in La Paz Bay; this conclusion is based on the following observations. (1) The sea lions prey mainly on species not targeted by fishermen. The important prey species, *A. bajacali* and the two species of *Pronotogrammus*, inhabit moderately deep waters and are thus located at depths below the normal range of the artisanal fishery. (2) Sea lion food consumption during the year shows an opposite trend to that of the fishery catch. When total sea lion food consumption is highest, due to an increase in the number of subadult males, the fishery catch effort is reduced, mainly because of the poor weather conditions that prevail from November to April (Ramírez-Rodríguez, 1997). (3) The only two fish species co-occurring in sea lion scats (with low frequency) and in the fishery have high commercial value.

In contrast to this minimal overlap in food resources, sea lions in La Paz Bay exhibit the highest entanglement index (8.75–10.4%) of any locality in the Gulf of California (Harcourt *et al.*, 1994; Zavala and Mellinck, 1997), with values several times higher than those reported for California (about 0.08%; Stewart and Yochem, 1987) and the San Benito Islands in the Pacific off Baja California (0.002%; Aurioles-Gamboa, unpublished data). The extensive use of gillnets, especially those of monofilament construction, in La Paz Bay is probably the direct cause of the high rate of entanglement, particularly so, for example, during night foraging trips, when nylon mesh is essentially undetectable. The data suggest that most sea lions become entangled by accident, as the similar sex/age structure between the entangled and the total populations at Los Islotes indicates a random process.

In summer, the two sex/age categories suffering higher entanglement rates are the adult females and juveniles. In this season of sea lion breeding, artisanal fishery effort increases and more gillnets are deployed in the bay at the same time that adult females and juveniles are the main foragers of the rookery. This temporal concentration of gillnets may have a detrimental effect on the nutrition and survival of adult females, thus affecting pup survival.

Tabla 2. Datos sobre algunos lobos marinos enmallados rescatados en el Golfo de California, en su mayoría de Los Islotes.**Table 2.** Data on entangled and rescued sea lions in the Gulf of California, mostly from Los Islotes (sex/age category, month/year of rescue, locality of rescue, position of gillnet remains, gillnet type, mesh size in inches, and gillnet targets in La Paz Bay).

Categoría de sexo/edad	Mes/año del rescate	Localidad del rescate	Ubicación de los restos de red*	Tipo de red	Luz de malla en pulgadas	Uso de la red en la Bahía de La Paz**
Juvenil	01/96	Is. Lobos	Cabeza	Monofilamento de nylon	8.0	Especies de peces óseos
Juvenil	03/99	Is. San Jorge	Cuello	''	8.0	''
Juvenil	05/99	Is. San Esteban	Cuello bajo	''	8.0	''
T adulta	05/99	Is. Granito	Cuello medio	''	8.5	''
Juvenil	05/99	Is. Granito	Cuello medio	''	4.0	''
T adulta	05/00	Los Islotes	Cuello, arriba de hombros	Seda	12	Tiburones y rayas
T adulta	05/00	Los Islotes	Cuello y cabeza	Monofilamento de nylon	8.0	Especies de peces óseos
Juvenil	05/00	Los Islotes	Cuello medio	''	8.0	''
T adulta	03/01	Los Islotes	Cuello medio	''	8.5	''
Juvenil	03/01	Los Islotes	Cuello, arriba de hombros	''	8.0	''
Juvenil	03/01	Los Islotes	Cuello, 10 cm detrás de las orejas	''	8.0	''
T adulta	04/02	Los Islotes	Base del cuello	''	–	Palangre de profundidad
T crío	04/02	Los Islotes	Cuello medio	''	8.0	Especies de peces óseos
T crío	04/02	Los Islotes	Cuello medio	''	8.5	''
Ujuvenil	10/02	Los Islotes	Cuello medio	''	8.0	''

* Cabeza = head; cuello (bajo, medio, arriba de los hombros, detrás de las orejas) = neck (lower, mid-, above the shoulders, behind the ears).

** Especies de peces óseos = species of bony fishes; tiburones y rayas = sharks and rays; palangre de profundidad = bottom longline.

Referencias

- Ainley, D.G., Huber, R.H. and Bailey, M.K. (1982). Population fluctuations of California sea lions and the Pacific whiting fishery off Central California. *Fish. Bull.*, 80: 253–258.
- Auriolles-Gamboa, D. (1988). Behavioral ecology of California sea lions in the Gulf of California. Ph.D. thesis, University of California, Santa Cruz, 175 pp.
- Auriolles-Gamboa, D. (1991). Otolith size versus weight and body length relationships for some fishes off the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. *Fish. Bull.*, 89: 701–706.
- Auriolles-Gamboa, D. and Sinsel, F. (1988). Mortality of California sea lion pups at Los Islotes, Baja California Sur, Mexico. *J. Mammal.*, 69(1): 180–183.
- Auriolles-Gamboa, D. and Le Boeuf, B.J. (1991). Effects of the El Niño 1983 on the California sea lion population in Mexico. In: F. Trillmich and K. Ono (eds.), *Pinnipeds and El Niño Responses to Environmental Stress*. Springer-Verlag, 293 pp.
- Auriolles-Gamboa, D. y Zavala, G.A. (1994). Algunos factores ecológicos que determinan la distribución y abundancia del lobo marino *Zalophus californianus*, en el Golfo de California. *Cien. Mar.*, 20(4): 535–553.

To date, no apparent negative effects on the sea lion population dynamics at Los Islotes have been detected. The population has instead shown a steady increase during the last ten years (Castro-González *et al.*, 2001). However, if the rate of entanglement increases and continues affecting adult females and juveniles, detrimental effects are to be expected in the long term.

English translation by the authors.

Auriolles-Gamboa, D. y García-Rodríguez, F. (1999). Fluctuaciones de la población de lobo marino y la pesquería de sardina en el Golfo de California. Resúmenes XXIV Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, Mazatlán, Sinaloa, Ab. pp. 18–22.

Auriolles-Gamboa, D., Sinsel, F., Fox, C., Alvarado, E. and Maravilla, O. (1983). Winter migration of subadult male California sea lions (*Zalophus californianus*) in the southern part of Baja California. *J. Mammal.*, 64 (3): 513–518.

- 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(3): 519–521.
- Aurioles-Gamboa, D., Le Bœuf, B.J. y Findley, L.T. (1993). Registros de pinnípedos poco comunes para el Golfo de California. *Rev. Inv. Cient., Univ. Aut. Baja California Sur* (No. Especial de la SOMMEMA), 1: 13–19.
- Bigg, A.M., Ellis, M.G., Cottrell, P. and Milette, L. (1990). Predation by harbour seals and sea lions on adult salmon in Comox Harbour and Cowichan Bay, British Columbia. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 1769, 31 pp.
- Castro-González, M.I., Aurioles-Gamboa, D., Montaña, S.B., Pérez-Gil, R.F. y López, N.O. (2001). Lípidos totales, colesterol y triglicéridos plasmáticos en crías del lobo marino de California (*Zalophus californianus*) del Golfo de California. *Cien. Mar.*, 27(3): 375–396.
- Costa, D.P. (1987). Isotopic methods for quantifying material and energy intake of free-ranging marine mammals. In: A.C. Huntley, D.P. Costa, G.A. Worthy and M.A. Castellini (eds.), *Approaches to Marine Mammal Energetics*. Allen Press, 210 pp.
- Costa, D.P. (1991). Reproductive and foraging energetics of pinnipeds: Implications for life history patterns. In: D. Renouf (ed.), *Behavior of Pinnipeds*. Chapman and Hall, London, pp. 300–344.
- Costa, P.D. (1993). The relationship between reproductive and foraging energetics and the evolution of the Pinnipedia. In: I.L. Boyd (ed.), *Marine Mammals: Advances in Behavioural and Population Biology*. Zoological Society of London, Monogr. 66, Clarendon Press, Oxford, pp. 293–314.
- Fiscus, C.H. (1979). Interactions of marine mammals and Pacific hake. *Mar. Fish. Rev.*, October: 1–9.
- Fiscus, C.H. (1980). Marine mammal-salmonid interactions: A review. In: J.W. McNeil and C.D. Himsforth (eds.), *Salmonid Ecosystems of the North Pacific*. Oregon State Univ. Press, Corvallis, pp. 121–132.
- Fitch, J.E. (1964). The fish fauna of the Playa del Rey locality, a southern California marine Pleistocene deposit. *Los Angeles County Mus., Contrib. in Science*, 82: 1–35.
- Fitch, J.E. (1966). Additional fish remains, mostly otoliths, from a Pleistocene deposit at Playa del Rey, California. *Los Angeles County Mus., Contrib. in Science*, 119: 1–16.
- Fitch, J.E. (1968). Otoliths and other fish remains from the Timms Point Silt (Early Pleistocene) at San Pedro, California. *Los Angeles County Mus., Contrib. in Science*, 146: 1–29.
- Fitch, J.E. and Brownell, R.L. (1968). Fish otoliths in Cetacean stomachs and their importance in interpreting feeding habits. *J. Fish. Res. Board Can.*, 25(12): 2561–2574.
- Fraker, M.A. and Mate, R.B. (1999). Seals, sea lions, and salmon in the Pacific Northwest. In: J.R. Twiss and R.R. Reeves. (eds.), *Conservation and Management of Marine Mammals*. Smithsonian Inst. Press, Washington, DC, pp. 99–119.
- García-Rodríguez, F.J. (1995). Ecología alimentaria del lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus*, en Los Islotes, BCS, México. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, 106 pp.
- Harcourt, R., Aurioles-Gamboa, D. and Sánchez, J. (1994). Entanglement of California sea lions at Los Islotes, Baja California Sur, Mexico. *Mar. Mammal Sci.*, 10(1): 122–125.
- Heemstra, P.C. (1995). Serranidae. In: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter and V.H. Niem (eds.), *Guía FAO para Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental*. Vol. III. Vertebrados: Parte 2. FAO, Roma, pp. 1565–1613.
- Innes, S., Lavigne, M.D., Earle, M.W. and Kovacs, M.K. (1987). Feeding rates of seals and whales. *J. Animal Ecol.*, 56: 115–130.
- Jones, R.E. (1981). Food habits of smaller marine mammals from northern California. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 42(16): 409–433.
- King, J.E. (1983). *Seals of the World*. Comstock Publishing Assoc., Ithaca, New York, 240 pp.
- Le Boeuf, B.J., Aurioles-Gamboa, 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(7): 77–85.
- Luch, D.B. (1969). El lobo marino de California *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1828) Allen, 1880. Observaciones sobre su ecología y explotación. *Inst. Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, DF*, 69 pp.
- Northridge, S.P. (1985). Estudio mundial de las interacciones entre los mamíferos marinos y la pesca. *FAO, Documento Técnico de Pesca*, No. 251, 190 pp.
- Northridge, S.P. and Hofman, J.R. (1999). Marine mammal interactions with fisheries. In: J.R. Twiss and R.R. Reeves (eds.), *Conservation and Management of Marine Mammals*. Smithsonian Inst. Press, Washington, DC, pp. 99–119.
- Odell, D.K. (1975). Breeding biology of the California sea lion, *Zalophus californianus*. *Rapp. P.-V. Reun. Con. Int. Explor. Mer.*, 169: 374–378.
- Orr, A.J. (1998). Foraging characteristics and activity patterns of the California sea lion (*Zalophus californianus californianus*) in the Bay of La Paz, Baja California Sur. M.Sc. thesis, California State University at Fresno, 116 pp.
- Orr, R.T., Shonewald, J. and Kenyon, W.K. (1970). The California sea lion: Skull comparison of two populations. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 37: 381–394.
- Perez, M.A., McAlister, B.W. and Mooney, E.E. (1990). Estimated feeding rate relationship for marine mammals based on captive animal data. *NOAA Tech. Memorandum NMFS F/NWC 184*, 30 pp.
- Peterson, R.S. and Bartholomew, A.G. (1967). *The Natural History and Behavior of the California Sea Lion*. Spec. Publ. No. 1, American Soc. of Mammalogists, 79 pp.
- Ramírez-Rodríguez, M. (1991). Redes agalleras en la Bahía de La Paz, BCS. *Rev. Inv. Cient., Univ. Aut. de Baja California Sur*, 2(2): 65–74.
- Ramírez-Rodríguez, M. (1997). Producción pesquera en la Bahía de La Paz, BCS. En: J. Urbán-Ramírez y M. Ramírez-Rodríguez (eds.), *La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación*. Univ. Aut. de Baja California Sur, La Paz, México, pp. 273–281.
- Scheffer, V.B. (1958). *Seals, Sea Lions and Walruses*. Stanford Univ. Press, California, 179 pp.
- SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000). Programa de Manejo Complejo Insular del Espíritu Santo, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, DF, 194 pp.
- Stewart, B. and Yochem, P. (1987). Entanglement of pinnipeds in synthetic debris and fishing nets and line fragments at San Nicolas and San Miguel Islands, California. *Mar. Pollut. Bull.*, 18: 336–339.
- Wyllie-Echeverria, T. (1987). Relationship of otolith length to total length in rockfishes from northern and central California. *Fish. Bull.*, 85: 383–387.
- Zavala, G.A. and Mellink, E. (1997). Entanglement of California sea lions, *Zalophus californianus californianus*, in fishing gear in the central-northern part of the Gulf of California. *Fish. Bull.*, 95: 180–184.