

03067

3
20

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA BIOLOGÍA
DE LA VAQUITA, *Phocoena sinus*.

TESIS

Que para obtener el grado de:

MAESTRIA EN CIENCIAS DEL MAR
(Oceanografía Biológica y Pesquera)

presenta

HÉCTOR PÉREZCORTÉS MORENO

México, D.F.

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres, Rodolfo y María

A mi esposa Araceli

A mis hijos, Kevin, Héctor y Diego

RESUMEN

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA BIOLOGÍA DE LA VAQUITA, *Phocoena sinus*.

Héctor Pérez Cortés Moreno

El objetivo del presente trabajo fue hacer aportaciones acerca de la historia natural y ecología de la vaquita *Phocoena sinus* (Mammalia: cetacea). A causa de la rareza de esta especie es difícil recuperar ejemplares por lo que muchos aspectos son si acaso, poco conocidos.

Se analizaron los estómagos de diez ejemplares colectados entre 1986 y 1993. De un total de 20 especies de presas identificadas, se encontraron peces en 87.5% de la muestra (11 especies de las familias *Engraulidae*, *Ophidiidae*, *Sciaenidae*, *Batrachoididae* y *Haemulidae*), moluscos en 37.5% (2 especies de la familia *Loliginidae*) y crustáceos en 12.5% (3 especies de las familias *Cancriidae* y *Cymothoidae*). Probablemente algunas de las especies fueron consumidas como presas secundarias y accidentales. Dos de los estómagos estaban vacíos. Se concluye que la vaquita es una especie que se alimenta de manera oportunista, que consume principalmente pequeños peces demersales y calamares. La mayoría de las presas de la vaquita son características de la zona costera, de aguas someras e incluso de condiciones estuarinas, por lo que se discute la importancia del aporte de agua dulce a su ambiente a través del Río Colorado. Aunque varios autores han sugerido que existe una relación entre *P. sinus* y *Totoaba macdonaldi*, un pez endémico amenazado de extinción, los resultados muestran que las dietas de ambas especies son diferentes. Sin embargo, por compartir el mismo hábitat al menos durante una parte del año, las medidas de conservación para cualquiera de ellas, son benéficas para ambas.

Se determinó la concentración ($\mu\text{g/g}$ peso seco) de nueve metales pesados (Cd, 0.2-0.3; Cu, 11.7-55.5; Ni, <0.4-0.7; Mn, 1.5-10.7; Fe, 440-1113; Zn, 71-102. Los valores para Co, Cr y Pb estuvieron por debajo del límite de detección) en muestras de corazón, riñón e Hígado de un ejemplar. Por ser las acumulaciones de esos metales bajas, se descarta a la contaminación como una causa del reducido tamaño de la población.

También se realizaron estudios de la histo-morfofisiología de la aleta dorsal, relacionándolos con la talla de la especie. Se muestra que la vaquita es el phocoenido de menor talla que además tiene una aleta dorsal proporcionalmente más grande. La aleta dorsal, junto con los otros apéndices corporales, funcionan como un radiador muy efectivo que le permite deshacerse del exceso de calor. Las anteriores son adaptaciones de la especie para sobrevivir en un ambiente con temperaturas muchos más altas de las de los ambientes que habitan otros phocoenidos y probablemente hacen a la vaquita más susceptible, tanto a la acción de depredadores como al enmallamiento en redes agalleras.

Aunque la muestra estudiada es pequeña, los resultados presentados son importantes para entender la ecología de la especie y proponer medidas para su conservación.

ABSTRACT

CONTRIBUTION TO VAQUITA, *Phocoena sinus*, KNOWLEDGE

The goal of this study was to describe aspects of the natural history and ecology of the endangered porpoise, vaquita *Phocoena sinus* or Gulf of California harbor porpoise. The vaquita is very rare. Obtaining specimens is difficult, therefore, little is known about the diet and other aspects of the species.

The stomach contents of 10 vaquita specimens collected between 1986 and 1993 were analysed. A total of 20 species were found in the stomachs: fish were present in 87.5% of the sample (11 species: *Engraulidae*, *Ophidiidae*, *Sciaenidae*, *Batrachoididae* and *Haemulidae*), molluscs in 37.5% (2 species: *Loliginidae*), and crustacean in 12.5% (3 species: *Cancriidae* and *Cymothoidae*). Several species were probably consumed secondarily and accidentally. Two stomachs were empty. It is concluded that vaquita is an opportunistic feeder, eating primarily small demersal fish species and squid. Several authors have suggested that the vaquita is ecologically linked to the endemic and endangered fish totoaba (*Totoaba macdonaldi*). I show that the diet of the two species differ. However, they apparently share common habitat during at least part of the year. Therefore, conservation measures designed for either species will benefit both.

Samples of heart, kidney and liver from one vaquita specimen were analysed for nine heavy metals (Cd, 0.2-0.3; Cu, 11.7-55.5; Ni, <0.4-0.7; Mn, 1.5-10.7; Fe, 440-1113; Zn, 71-102. Concentrations for Co, Cr and Pb were all under the detection limit). Due to the low concentration of those metals pollution is not considered as the cause of the low population size.

Analysis of the morphophysiology and histology of the dorsal fin were conducted, comparing the results with the size of the species. Vaquita is the smallest porpoise and proportionally it has the largest dorsal fin. This and other corporal appendices are very effective heat deflectors. The above are adaptations to live in an environment with higher temperatures than the ones recorded at other phocoenids ranges. Probably vaquita is more vulnerable to the attack of predators and to the entanglement in gillnets.

Although the sample was small, the results are important to understanding the ecology and furthering the conservation of the vaquita.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
AGRADECIMIENTOS	x
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	4
ANTECEDENTES	5
AREA DE ESTUDIO	10
METODO	17
<i>Alimentación</i>	17
<i>Contaminación</i>	19
<i>Morfometría</i>	19
RESULTADOS	22
<i>Alimentación</i>	22
<i>Contaminación</i>	27
<i>Morfometría</i>	28

DISCUSIÓN	31
<i>Alimentación</i>	31
<i>Parásitos</i>	40
<i>Contaminación</i>	40
<i>Morfometría:</i>	42
CONCLUSIONES	45
APENDICE 1 características de las especies encontradas en los estómagos de vaquita	47
<i>Peces</i>	47
<i>Moluscos</i>	51
<i>Crustáceos</i>	52
APENDICE 2 Acuerdos y Decretos	53
LITERATURA CITADA	55

TABLAS

Tabla 1. Características de las vaquitas <i>Phocoena sinus</i> analizadas.	22
Tabla 2. Contenido estomacal de las vaquitas estudiadas.	25
Tabla 3. Presas de <i>Phocoena sinus</i>.	26
Tabla 4. Concentraciones de metales pesados en tres tejidos de vaquita	28
Tabla 5. Similitudes entre las dietas de la totoaba <i>Totoaba macdonaldi</i> y la vaquita <i>Phocoena sinus</i>.	37

FIGURAS

Figura 1. La región norte del Golfo de California.....	11
Figura 2. Esquema de la aleta dorsal de la vaquita, mostrando las partes de las que se colectaron muestras para análisis histológicos.....	20
Figura 3. Porcentaje de presas en los estómagos de vaquita por grupo trófico	23
Figura 4. Corte transversal de la aleta dorsal de vaquita, <i>Phocoena sinus</i> . Dibujado a partir de detalles observados en diferentes laminillas.....	30
Figura 5. <i>Lepophidium prorates</i>	47
Figura 6. <i>Orthopristis reddingi</i>	48
Figura 7. <i>Cynoscion reticulatus</i>	48
Figura 8. <i>Micropogonias megalops</i>	49
Figura 9. <i>Bairdiella icistia</i>	49
Figura 10. <i>Anchoa sp.</i>	50
Figura 11. <i>Porichthys myriaster</i>	50
Figura 12. <i>Lolliguncula tydeus</i>	51
Figura 13. <i>Cancer amphioetus</i>	52

AGRADECIMIENTOS

El proceso para finalizar este trabajo, fue largo. No hubiese llegado a este punto de no ser por la colaboración de un sinnúmero de personas.

Para la identificación de los componentes de la dieta de la vaquita, se contó con la valiosa asesoría del M. en C. Gerardo Barrientos del laboratorio de malacología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, quien me adiestró en la identificación de las mandíbulas de calamares; los restos de peces, fueron identificados con el apoyo de las M. en C. Patricia Fuentes y Teresa Gaspar del Instituto de Biología de la UNAM; el Biól. Mark Lowry del *NMFS* realizó la identificación de algunos otolitos en la colección del Museo de Historia Natural de Los Angeles.

El Dr. Andrew Read del *National Marine Fisheries Service*, amablemente me proporcionó datos morfométricos de la marsopa común.

Los aspectos relacionados a la contaminación fueron desarrollados en conjunto con el Dr. Bernardo Villa del Instituto de Biología de la UNAM y con el Dr. Federico Páez de la estación Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Me iniciaron en el estudio de la vaquita, el Dr. Bernardo Villa y el Dr. Gregory Silber, quienes durante el desarrollo del presente trabajo me apoyaron y asesoraron pero sobre todo, me ofrecieron su valiosa amistad.

Durante las diferentes etapas del trabajo de campo, me brindaron su amable hospitalidad y apoyo, Peggy Turk-Boyer y Rick Boyer en Puerto Peñasco, así como Carlos Assaf y José Luis Carrillo 'el Chiruli' en El Golfo de Santa Clara.

Especialmente, tengo una deuda de gratitud con mi papá, Rodolfo PérezCortés de la Fuente, mi esposa, Araceli Ramos Montero, mi maestro y amigo Bernardo Villa Ramírez y mis amigos

Gregory K. Silber y Alberto Delgado, por su continua motivación para que concluyera este trabajo.

Agradezco también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca para estudios de maestría Reg. No. 55416 , a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM (DGAPA-UNAM) por su apoyo al proyecto No. IN-209689 y al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) por el apoyo otorgado como ayudante de Investigador nivel III entre los meses de enero y agosto de 1991. Al Comité Técnico para la Preservación de la Vaquita y la Totoaba, por su apoyo al proyecto "Biología de la vaquita, *Phocoena sinus*".

Por sus pacientes revisiones y valiosos comentarios, le debo un agradecimiento especial a mi amigo Pablo Loreto C.

De entre todas los profesores e investigadores que han participado en mi formación académica, agradezco especialmente a los revisores y sinodales de este trabajo, los Doctores Bernardo Villa-R., Luis A. Soto, Virgilio Arenas, Eduardo Aguayo y Elva Escobar, por sus aportaciones tanto a esta tesis como a mi vida profesional.

Finalmente, agradezco los apoyos recibidos del Instituto Nacional de la Pesca (INP) a través tres Directores del Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz: Biól Pedro Saenz M., M. en C. Margarita Casas V. e Ing. Jesús Gallo R. y por un estímulo final y decisivo al Dr. Antonio Díaz de León, Presidente del INP.

INTRODUCCION

La vaquita, *Phocoena sinus* es un cetáceo endémico del norte del Golfo de California, es además, la única marsopa (familia *Phocoenidae*) de aguas tropicales y por su reducida talla es considerada como uno de los cetáceos más pequeños.

A causa de diversos impactos provocados a su población y al ambiente que habita, la especie se considera actualmente amenazada de extinción, situación que influyó en buena medida para que el norte del Golfo de California fuera declarado área natural protegida al decretarse la Reserva del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, en el año de 1993 (Diario oficial, 1993).

Uno de los impactos que la población de esta especie ha sufrido es la mortalidad incidental en algunas pesquerías como la de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) un pez que también es endémico de la región y que fue severamente explotado (Berdegué, 1955). A causa de la mortalidad de vaquitas en esa pesquería, se creía que ambas especies mantenían algún tipo de asociación (Villa-Ramírez, 1976, 1978; Magatagan *et al.*, 1984; Findley y Vidal, 1985; Robles *et al.*, 1987). Otros factores que han afectado su ambiente son la contaminación con sustancias agroquímicas y la reducción de las descargas de agua dulce provocada por el embalsamiento del Río Colorado (Alvarez-Borrego, 1983).

La reciente descripción del cetáceo (Norris y McFarland, 1958), su rareza actual (Gerrodette, 1994) y la dificultad de observar a estos animales (Gerrodette *et al.*, 1995) han ocasionado que en general se conozca poco sobre esta marsopa. El presente trabajo

pretende aportar bases en el conocimiento de la biología de la especie. Particularmente se realizaron estudios sobre la dieta de la vaquita, la acumulación de metales pesados en algunos de sus tejidos y la morfología de la aleta dorsal con relación a la talla de la marsopa.

Los estudios encaminados a determinar el tipo de presas, tallas y cantidad de alimento ingerido son determinantes para entender el papel ecológico de estos piscívoros; además, la investigación sobre los hábitos alimentarios de los cetáceos proporciona los datos necesarios para evaluar los conflictos potenciales entre los mamíferos marinos y las pesquerías comerciales (Murie, 1987). El confinamiento costero de algunos pequeños odontocetos determina el tipo de presas que consumen. Los phocoenidos en general, se alimentan de pequeños peces de cardumen de entre 10 y 30 cm de longitud que desovan en la costa y también ocasionalmente consumen calamares (Evans, 1987:143). Los dientes de forma espatulada de los Phocoenidos y el ángulo agudo que presentan en relación con la mandíbula, constituye un mecanismo de corte muy efectivo, permitiendo que los cetáceos de este grupo se alimenten de pequeños peces pelágicos y demersales (Gaskin, 1982:33). En la literatura disponible actualmente, se registra el análisis parcial del contenido estomacal de un ejemplar de vaquita, en el que se encontraron restos de peces pequeños (*Bairdiella icistia* y *Orthopristis reddingi*) y de calamares no identificados (Fitch y Brownell, 1968).

El cadmio y el mercurio son generalmente considerados como los metales pesados que ocasionan problemas de contaminación en los ecosistemas marinos (Bryan, 1984). Considerando que los mamíferos marinos son especies relativamente longevas y además ocupan niveles altos en las cadenas alimenticias es de esperarse que acumulen niveles relativamente altos de metales. Las concentraciones naturales o normales de estos contaminantes son en general desconocidas para los cetáceos (Caurant *et al.* 1993). Un análisis de los metales pesados acumulados en los tejidos de la vaquita es parte de una investigación integral sobre aspectos de la biología de esta marsopa.

La vaquita, a pesar de ser el miembro de la familia Phocoenidae de menor talla, es el que tiene una aleta dorsal y en general apéndices corporales proporcionalmente mayores, aumentando su superficie del cuerpo con relación al volumen. En el caso de la vaquita estas adaptaciones son contrarias a lo descrito por Ridgway (1972) al señalar algunas características de los mamíferos marinos para conservar el calor en el medio acuático. Con los datos incluidos en el presente trabajo se pretende conocer el origen y la función de estas adaptaciones.

OBJETIVOS

I. Hacer aportaciones al conocimiento de la biología de *P. simus*, señalando evidencias indirectas acerca de la distribución espacio-temporal de la especie en el alto Golfo de California.

1. Contribuir al conocimiento de los hábitos alimentarios de *P. simus* y aportar datos para determinar la asociación entre la vaquita y la totoaba *T. macdonaldi*.

2. Evaluar la presencia de metales pesados (como contaminantes) en tejidos de *P. simus*.

3. Comparar la anatomía externa de la vaquita con la de otros miembros de la familia **Phocoenidae** particularmente con relación al tamaño de su aleta dorsal y describir la microanatomía de éste apéndice corporal para hacer inferencias sobre la fisiología con respecto al balance térmico. Relacionar esos resultados con la distribución de la especie.

II. Señalar aspectos en los que sea más urgente continuar la investigación sobre la biología y distribución de *P. simus*.

ANTECEDENTES

Con base en el registro fósil disponible en la actualidad, se sabe que las marsopas (Familia *Phocoenidae*) pueden haberse originado durante el Mioceno tardío en algún lugar del Océano Pacífico Norte (Barnes, 1985). La especiación se produjo posteriormente durante las oscilaciones climáticas que provocaron los períodos glaciales e interglaciales; como consecuencia, la Familia *Phocoenidae* tiene una distribución antitropical. Por un lado, la *subfamilia Phocoenoidinae* con la marsopa de Dall, *Phocoenoides dalli*, en el Pacífico norte (Jefferson, 1988) y la marsopa de anteojos, *Australophocaena diopirica*, en aguas templadas y regiones subárticas del sur de América (Brownell, 1975). En la *subfamilia Phocoeninae* la marsopa común, *Phocoena phocoena*, es característica de las aguas templadas del Pacífico y Atlántico norte (Gaskin *et al.*, 1974) y tiene como contraparte en el sur a la marsopa espinosa, *P. spinipinnis*, que se distribuye en las aguas templadas de la costa occidental de Sudamérica (Brownell y Praderi, 1984). Sin embargo, la vaquita, *P. sinus*, no encaja bien en este esquema de distribución antitropical (Pérez-Cortés, 1990) ya que en la actualidad se distribuye en el norte del Golfo de California (Brownell, 1983; Gerrodette *et al.*, 1994) ambiente con condiciones que llegan a ser muchos más cálidas que las de las áreas de distribución de las otras especies de la familia.

A pesar de que la vaquita, *P. sinus*, actualmente se distribuye principalmente en el norte del Golfo de California (Gerrodette *et al.*, 1995) no existen los elementos para afirmar que su distribución se ha limitado sólo a esa región.

La vaquita, *Phocoena sinus*, fue descrita a partir de tres cráneos encontrados por separado en las cercanías de San Felipe, B.C. uno de ellos en el año de 1950 y los otros dos en 1951. El

primero se considera como ejemplar tipo y a los otros dos como paratipos. Después de estos hallazgos, se hicieron en la década subsecuente diferentes expediciones en las que se buscaba observar ejemplares vivos. Mediante el análisis de los avistamientos logrados, se definió el área de distribución de la vaquita como: "definitivamente presente en el norte del Golfo de California y probablemente extendiéndose al sur por la costa de México" (Norris & McFarland, 1958).

Después de algunas búsquedas con escasos resultados (Norris & Prescott, 1961; Orr, 1969; Kelly, 1975; Villa-Ramírez, 1976) la especie fue incluida en el RED DATA BOOK (IUCN 1978) como vulnerable, también, fue ubicada por Villa-Ramírez. (1978) en una lista de especies mexicanas de vertebrados raras o en peligro de extinción.

La mortalidad incidental de la vaquita en pesquerías de la región ha sido señalada como un problema para la población; a partir de encuestas y talleres con pescadores se estimó que mueren a causa de actividades pesqueras, alrededor de 25 ejemplares al año (Turk-Boyer y Silber, 1989). Con la creación del Comité Técnico para la Preservación de la Vaquita y la Totoaba (CTPVT), establecido en 1992, fue realizado el trabajo de Fleischer *et al.* (1994a) sobre mortalidad incidental, en el que después de analizar la información disponible se concluyó que el impacto de las actividades pesqueras a la población de vaquitas no ha sido tan grande como se señaló en los trabajos de Brownell (1983), Robles *et al.* (1987), Vidal (1991, 1993, 1995), Vidal *et al.* (1994) y Zavala-González *et al.* (1994). Es importante hacer notar que esta conclusión provocó polémicas entre los especialistas ya que debido al pequeño tamaño de la población de esta especie con un hábitat tan limitado, cualquier impacto puede ser de graves consecuencias. D'Agrosa *et al.* (1995) en un análisis de la mortalidad incidental de la vaquita durante 1993-94 encontraron que diversos tipos de redes capturaban incidentalmente vaquitas, aunque la proporción para cada una de estas es muy baja. Vidal (1993) analizó la situación de la interacción de diversas pesquerías con mamíferos marinos y subrayó que el reciente establecimiento de la Reserva del Alto Golfo de California es una acción importante para la conservación de la vaquita.

También se han realizado trabajos acerca de la distribución y abundancia del cetáceo. Durante un intenso trabajo de campo y de laboratorio realizado entre los años de 1986 y 1988, que en algunas fases fue una investigación conjunta entre la Universidad de California en Santa Cruz (UCSC) y el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM), se logró observar más vaquitas de las que habían sido avistadas desde la descripción de la especie. Esta investigación generó importante información sobre *Phocoena sinus* que se encuentra registrada en los documentos de Silber (1988, 1990a, 1990b, 1991), Silber *et al.* (1988, 1989, 1994), y Silber y Norris (1991) en los que además se aborda el comportamiento respiratorio de *P. sinus*, la influencia de algunas características físico-químicas del alto Golfo de California y su relación con la vaquita, las señales acústicas emitidas por el cetáceo y un análisis del uso del área por la vaquita y otros cetáceos en el Alto Golfo de California. Además, parte del material utilizado para la realización del presente trabajo, fue obtenido durante el desarrollo de ese proyecto. Gerrodette (1994) estimó la población actual de vaquita en alrededor de 400, sin embargo, al analizar dicho documento, el Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional en su 46a. Reunión Anual, determinó que no se realizó esfuerzo de búsqueda en una gran extensión de hábitats potenciales para la vaquita en la parte más norteña del Golfo de California (IWC, 1995). Con el objeto de encontrar la mejor plataforma para realizar un censo efectivo, Barlow *et al.* (1993) realizaron un censo aéreo experimental y Maravilla *et al.* (1992) presentaron los resultados de una comparación de métodos para estimar la población. Las recomendaciones surgidas de estos trabajos, fueron recogidas parcialmente en la planeación de una serie de cruceros realizados con el apoyo del CTPVT. Los resultados finales combinados se incluyeron en los trabajos de Fleischer *et al.* (1994b) y Gerrodette *et al.* (1995) en los cuales se aportaron evidencias de que la distribución actual de la vaquita se concentra en la parte más norteña del Golfo de California, ya que la mayoría de los avistamientos recientes se han dado al norte de los 30°45'N y al oeste de los 114°20'W.

En cuanto a la alimentación de la vaquita, en un trabajo sobre la validez del uso de los otolitos en la identificación del contenido estomacal de odontocetos, Fitch y Brownell (1968) incluyeron junto con los datos de los contenidos estomacales de diecisiete cetáceos pertenecientes a siete especies, los resultados del análisis del estómago de un ejemplar de *P. sinus*.

Acerca de la morfometría, Noble y Fraser (1971) describieron el esqueleto postcraneal de *P. sinus* y lo compararon con los de *P. spinipinnis* y *P. phocoena*; así, llegaron a conclusiones similares a las sugeridas por Norris y McFarland (1958) en la descripción original: que los parientes más próximos de *P. sinus* son *P. spinipinnis* y *P. phocoena*, sin embargo, existen mayores afinidades con *P. spinipinnis*. Estos mismos resultados son confirmados posteriormente por Brownell (1983) y Magatagan *et al.*, (1984) quienes presentaron una descripción más detallada al contar con un número de ejemplares más completos y mejor conservados. Uno de los esqueletos recuperado en diciembre de 1980 en Playa Las Conchas, en las cercanías de Puerto Peñasco (31°20'N, 113°33'W), Sonora, México se conserva armado y en exhibición en el laboratorio de mastozoología del IBUNAM, con el número de catálogo 19589. Brownell *et al.*, (1987) describieron la apariencia externa del cetáceo a partir de trece ejemplares recuperados en buen estado de conservación. Aún después de este valioso descubrimiento, las incógnitas sobre la biología y distribución de la especie, y las necesidades de investigación señaladas por Barlow (1986), siguieron siendo las mismas. Pérez-Cortés (1990) analizó la distribución y morfología de la familia *Phocoenidae* en relación con las temperaturas presentes en las áreas de distribución de cada especie. Silber (1990) mencionó sin datos de respaldo, que la vaquita es la marsopa de menor talla y con apéndices corporales proporcionalmente mayores. Por su parte, Villa-Ramírez *et al.* (en prensa) y Ortega (1993) descubrieron y documentaron la polidactilia en la especie y Peralta (1994) realizó estudios de edad y crecimiento de la vaquita. Escatel (1995) realizó un detallado estudio de la musculatura de la región de la cabeza de la vaquita, relacionando las adaptaciones anatómicas con aspectos evolutivos y ecológicos.

Aunque la acumulación de contaminantes ha sido señalada como una posible causa de impacto para la población de vaquitas (Aguayo *et al.*, 1986; Barlow, 1986) hasta antes de este trabajo no se habían presentado estudios específicos. Sin embargo, Caurant *et al.* (1993) señalaron que la acumulación de metales pesados es una afección común en los mamíferos marinos, por ser longevos y por ocupar niveles altos en la escala trófica. En un análisis de clorohidrocarburos en tejidos de la marsopa de puerto (*P. phocoena*) Calambokidis (1986) indicó que la principal limitante para la interpretación de resultados en este tipo de estudios, es el tamaño de la muestra.

Hohn *et al.* (1993, 1994) al analizar el aparato reproductor de 26 vaquitas hembras observaron que todos los ejemplares de 3 años de edad o menos, eran sexualmente inmaduros, mientras que los de 6 años o más estaban maduros. En los ovarios se encontraron estructuras calcificadas de origen desconocido y el análisis de los *corpora albicans* sugiere que el intervalo de preñez no es anual; estas anomalías hacen a la vaquita diferente a otras especies de la familia como es la marsopa común, *Phocoena phocoena*, y pueden ser debidas al pequeño tamaño de la población o al deterioro ecológico del área de distribución de la especie o a ambas, en alguna medida y proporción que no están determinadas.

Como se aprecia, *Phocoena sinus* es una especie de reciente descripción que durante mucho tiempo fue casi desconocida, sin embargo, los esfuerzos iniciados ultimamente han generado aportaciones al conocimiento de esta especie endémica del Golfo de California.

AREA DE ESTUDIO

El Golfo de California es un mar marginal que separa a la península de Baja California del resto del continente. Es una cuenca alargada con una orientación que va del noroeste al sureste, tiene una longitud de 1500 Km y una anchura variable no mayor de 200 Km (Lindsay, 1983). Este mar se caracteriza por sus condiciones oceanográficas extremas. Presenta depresiones profundas en su porción media y sureña de hasta 3600 m. Asimismo, se observan gradientes de salinidad y temperatura desde la zona de la boca hasta la parte más norteña.

Con base en distintos criterios que van desde las características topográficas (Roden y Groves, 1959; Rusnak *et al.*, 1964), la estructura termohalina vertical (Roden y Emilsson, 1979 *apud* Santamaría-del-Angel *et al.*, 1994), la distribución del fitoplancton (Cupp y Allen, 1938) y la distribución estacional de pigmentos (Santamaría-del-Angel *et al.*, 1994) el Golfo de California o Mar de Cortés ha sido dividido en un número variable de regiones con características definidas de acuerdo con cada clasificación.

Considerando que la vaquita se distribuye actualmente en la parte norte del Golfo de California (Gerrodette *et al.*, 1994) también llamada Alto Golfo, a continuación se describe el ambiente de esa región. Destacándose que esa región está definida como tal según los diferentes criterios antes señalados.

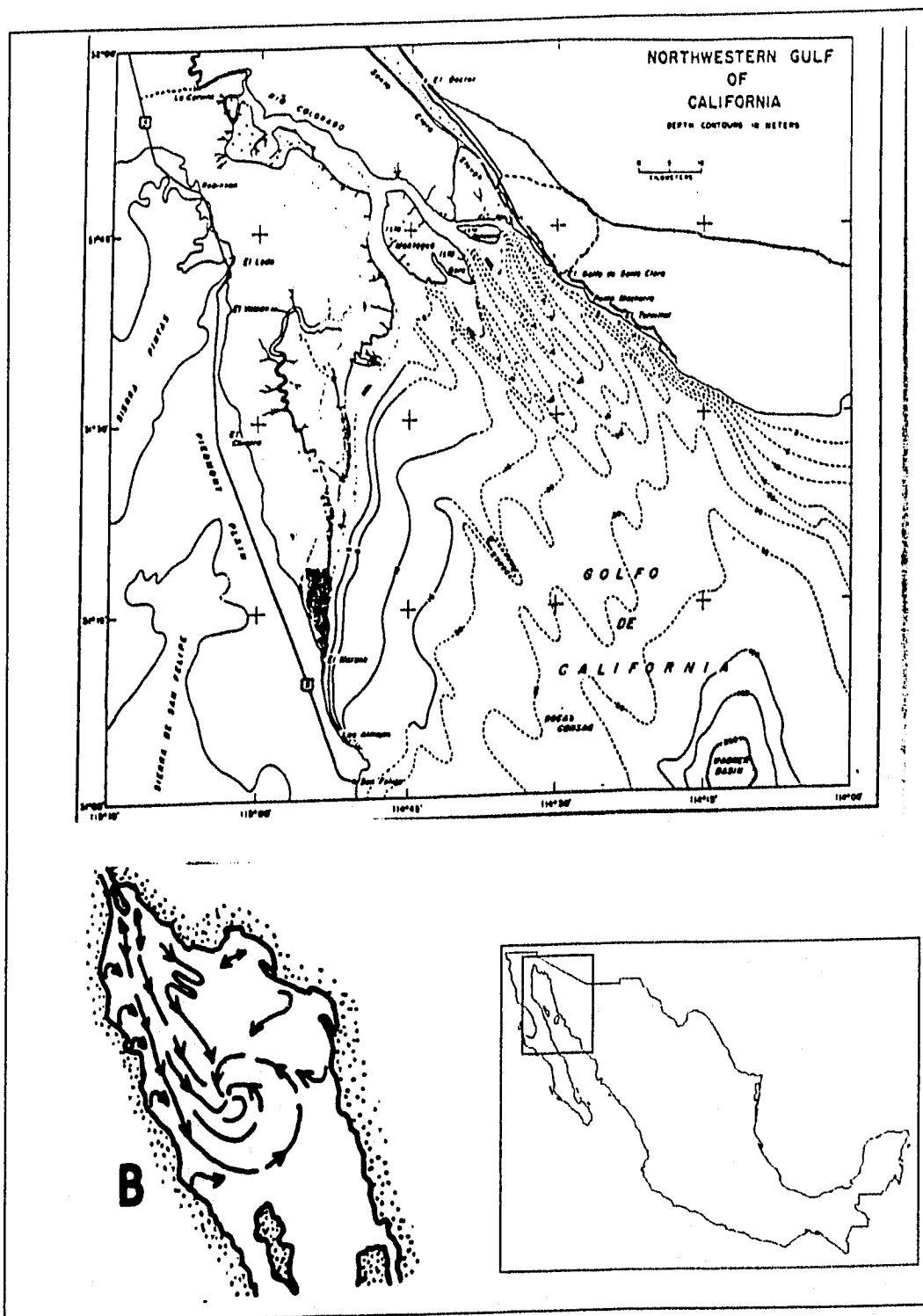


Figura 1. La región norte del Golfo de California. a) Batimetría, tomada de Thompson, 1965; b) Circulación superficial en el verano, tomada de Lepley *et al.*, (1977); y c) Localización.

Batimetría

La Parte norte es somera con una plataforma continental amplia en toda la región, limitada por la isóbata de los 180m y con más del 30 % de su plataforma con profundidades menores a 35m (Tovilla-Hernández, 1991). La región del delta constituye la plataforma más amplia de todo el Golfo (Thompson, 1969a). Los únicos dos rasgos topográficos que sobresalen en esta planicie marina son un promontorio rocoso llamado Rocas Consag y dos pequeñas cuencas orientadas de norte a sur.

Mareas.

El Alto Golfo se caracteriza por una fuerte mezcla de agua, ocasionada por las mareas que se consideran entre las más extremas del planeta registrándose amplitudes de hasta 10m (Alvarez-Borrego, 1983). El patrón de mareas es semidiurno.

Circulación.

La circulación en el alto Golfo de California es producida por las variaciones térmicas del estero salino del Río Colorado y con desviaciones producidas por la fuerza de Coriolis; el fenómeno se invierte dos veces al año. El modelo propuesto por Lepley *et al.*, (1977) incluye giros superficiales de turbidez, corrientes subsuperficiales, ondas internas, zonas de surgencia aparentemente cerca de ambas costas donde se observan zonas de aguas claras en medio de áreas turbias. El movimiento que se invierte del verano al invierno produce cambios sustanciales en la distribución y abundancia del plancton.

Los giros anticiclónicos son los predominantes en la región del Alto Golfo (Alvarez-Borrego y Schwarzlose, 1979).

Temperatura.

La temperatura superficial del agua en su parte más norteña, varía entre 8.2°C durante el invierno y hasta más de 32.6°C en el verano (Alvarez-Borrego *et al.*, 1975) Aunque esos

registros extremos se presentan principalmente en partes someras, el efecto general es muy similar dada la escasa profundidad del área.

Salinidad.

Al estar rodeado de desiertos muy secos, el Golfo de California actúa como una gran cuenca de evaporación y su salinidad promedio es mayor que la que se presenta en las aguas del Pacífico al otro lado de la península de California (García de Ballesteros y Larroque, 1974; Thomson *et al.*, 1987), los valores de salinidad registrados en las aguas adyacentes a Isla Montague, en el delta del Río Colorado, son los mayores para la zona, presentándose valores de más de 37‰, ya que además de la alta evaporación, en la actualidad el aporte de agua dulce del río es mínimo y aún inexistente en algunos años (Alvarez-Borrego *et al.*, 1974). Antes de la construcción de la presa Hoover en el año de 1935, el delta del río Colorado se comportaba como un sistema estuarino positivo -en el que hay un gradiente de salinidad que aumenta desde la cabecera donde el agua es dulce hasta llegar a salobre en la boca-. En la actualidad, esta y otras presas además del uso del agua del río en cultivos en el Valle Imperial y el Valle de Mexicali, no permiten la descarga de agua dulce al delta, convirtiéndolo en un sistema estuarino negativo en el que la salinidad de la cabecera es mayor que la de la boca (Thomson *et al.*, 1987). Lo anterior, aunado a la alta evaporación, ha provocado que esta región anteriormente salobre, presente en la actualidad condiciones de hipersalinidad (Alvarez-Borrego 1983) ya que el agua de mar que entra a la región del delta durante la pleamar se evapora parcialmente originando la formación de costras de sal que se disuelven parcialmente con la subsecuente marea originando una fuente de salinidad de hasta 41‰ en algunos puntos (Cano-Pérez, 1991). Este incremento en la salinidad ha cambiado drásticamente las condiciones ecológicas del Alto Golfo que después de haber tenido características estuarinas, hoy es la zona de más alta salinidad en todo el Golfo. Esto constituye el mayor impacto para esta región (Alvarez-Borrego, 1983).

Surgencias.

En diferentes puntos cercanos a ambas costas es común la surgencia de aguas frías ricas en nutrientes aunque este fenómeno se presenta con mayor frecuencia e intensidad durante el invierno y la primavera (Cano-Pérez, 1991).

Las surgencias se presentan en la costa este durante el invierno y primavera y en la costa oeste durante el verano (Roden, 1963). Este fenómeno se presenta con más intensidad y a lo largo de una área mayor a lo largo de la costa este más que en la costa de la Baja California (Robinson, 1973; Santamaría-del Angel *et al.*, 1994).

Las zonas de surgencias en el Golfo de California presentan algunos de las concentraciones superficiales de nutrientes más altas de los océanos del mundo (Alvarez-Borrego *et al.*, 1978).

Productividad.

El cielo sobre el Golfo de California se encuentra libre de nubes durante una gran parte del año, asegurando una iluminación intensa en los estratos superficiales del mar, de modo que el factor limitante para la productividad es el aporte de nutrientes que son suplementados gracias a la mezcla propiciada por los vientos y las corrientes de marea. La combinación de estos factores favorece el florecimiento de fitoplancton prácticamente en toda la extensión del Golfo de California y casi durante todo el año, presentándose un máximo durante el otoño con concentraciones de clorofilas entre 1.00 y 15.0 mg m⁻³ y un mínimo durante el verano con concentraciones medias de clorofila entre 0.35 y 1.00. mg m⁻³ (Anónimo, 1990).

Las condiciones arriba mencionadas, facilitan la presencia de una gran variedad de hábitats con un vasto aporte de energía y alimentos, permitiendo la supervivencia de múltiples especies de fauna marina incluidos invertebrados y vertebrados, habiéndose

registrado en todo el Golfo de California 30 especies de mamíferos marinos, de las que más de diez son visitantes ocasionales de las partes más norteñas (Heyning, 1986; Silber 1990a; Aurióles-G. *et al.*, 1993; Vidal *et al.*, 1993; Silber *et al.*, 1994; Delgado *et al.*, 1994; Pérez-Cortés y Delgado, en prep. Villa-Ramírez y Pérez-Cortés, en pren.).

Mamíferos marinos en el Alto Golfo de California

A diferencia de la mayoría de mamíferos terrestres, los mamíferos marinos en general encuentran menos barreras; sin embargo, un alto porcentaje de cetáceos se encuentran formando poblaciones aparentemente aisladas. Lo anterior puede ser el reflejo de acontecimientos evolutivos; los mamíferos, como seres de hábitos podemos ocupar las mismas áreas de reproducción y alimentación, y seguir las mismas rutas migratorias por generaciones, a menos que opere algún agente externo que modifique el ambiente o las costumbres o ambos (Evans, 1987:77).

En el norte del Golfo de California, se distribuyen varias especies de mamíferos marinos. Silber (1990a) y Silber *et al.*, (1994) reconocen cuatro especies de cetáceos como las más comunes en la región. Su posición taxonómica de acuerdo con Barnes *et al.* (1985), Evans, (1987) Heyning y Perrin (1994) es la siguiente:

Orden Cetacea, Brisson, 1762

Suborden Odontoceti, Flower, 1867

Superfamilia Delphinoidea, (Gray, 1821) Flower, 1864

Familia Phocoenidae, (Gray, 1825) Bravard, 1885

Subfamilia Phocoeninae, (Gray, 1825) Barnes, 1984

Phocoena sinus, Norris y McFarland, 1958

Familia Delphinidae, Gray, 1821

Subfamilia Delphininae, (Gray, 1821) Flower, 1867

Tursiops truncatus, (Montagu, 1821)

Delphinus capensis, Gray, 1828

Suborden Mysticeti, Flower, 1864
Familia Balaenopteridae, Gray, 1864
Subfamilia Balaenopterinae, (Gray, 1864) Brandt, 1872
Balaenoptera physalus, (Linnaeus, 1758)

También de manera permanente se encuentra bien representado el lobo marino de California:

Orden Carnivora, Bowditch, 1821
Familia Otariidae, Gray, 1825
Subfamilia Otariinae, (Gray, 1825)
Zalophus californianus, (Lesson, 1828)

Por su abundancia y diversidad, los mamíferos marinos constituyen un componente faunístico importante en esta cuenca y juegan un papel ecológico fundamental. Los odontocetos en su mayoría son depredadores de tercer nivel (Northridge y Pilleri, 1986).

Entre las especies más comunes listadas arriba, una de especial interés es la marsopa del Golfo de California, mejor conocida en la región como vaquita (*P. sinus*). Este cetáceo es el único mamífero marino endémico de este mar. Se ha considerado que desde su origen, la especie quedó aislada y confinada al Golfo de California (Norris y McFarland, 1958) y posteriormente desarrolló adaptaciones que le permitieran subsistir en este ambiente tan diferente a los que ocupan otras especies de la familia Phocoenidae, que son típicas de aguas más templadas y frías.

METODO

Alimentación.

Se analizó el contenido de 10 estómagos de vaquita. Los animales recuperados fueron examinados en el campo o en el laboratorio dependiendo de las facilidades de congelación y transporte con que se contaba. Cuando fueron disecados en el campo, la mayor parte del aparato digestivo era colocada en alcohol para su posterior análisis; cuando la disección se efectuó en el laboratorio, la búsqueda de restos de alimento se realizó inmediatamente ayudándose con cedazos y un microscopio estereoscópico. Los restos hallados fueron separados, limpiados y debidamente conservados, guardando los otolitos en seco y las mandíbulas de calamar en alcohol (96%).

Cuando se encontraron peces lo suficientemente completos, las especies fueron determinadas directamente con la colaboración de personal del laboratorio de ictiología del IBUNAM. Por ser los otolitos una estructura dura, generalmente tienen una mayor permanencia dentro del aparato digestivo de los cetáceos (Fitch y Brownell, 1968). A los peces que pudieron ser identificados, les fueron extraídos los otolitos *sagitales*, para compararlos con los otolitos libres encontrados.

Los restos de otras presas, como moluscos (calamares) y crustáceos (cangrejos) fueron identificadas hasta la categoría de especie, con el apoyo de personal de los laboratorios de Ecología del Bentos y de Malacología, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

El grado de digestión del contenido estomacal se clasificó de acuerdo con la siguiente escala, utilizada por Yáñez-Arancibia *et al.* (1976):

- I Alimento recién ingerido
- II Se ha iniciado la digestión,
presas muy completas con muestras de desgaste
- III Digestión avanzada,
componentes fragmentados pero reconocibles, partes duras
cubiertas por restos de otros tejidos
- IV Material digerido,
contenido irreconocible (identificable por las partes duras).

Para el análisis, se comparó el material encontrado en los estómagos con el existente en colecciones ictiológicas y malacológicas siguiendo las técnicas descritas por Fitch y Brownell (1968). Por no existir en nuestro país colecciones de otolitos completas o disponibles, en algunos casos al realizar la determinación, no se pudo llegar hasta el nivel de especie.

Después de completar la descripción de la dieta en los ejemplares estudiados, se analizó la frecuencia de ocurrencia de cada presa y de cada grupo trófico, dividiendo el número de estómagos que contenían un alimento determinado entre el total de estómagos revisados, para hacer inferencias acerca de los hábitos alimentarios de la especie y sus relaciones con otras especies de mamíferos marinos y peces.

Siguiendo el criterio de Yáñez-Arancibia *et al.* (1976), se consideró al volumen y a la frecuencia de cada componente dietético como los indicadores más importantes en un estudio de alimentación.

No se aplicaron otros índices con los que se evalúan parámetros de estructura comunitaria como el de diversidad de Shannon y Weaver (1963) o el de Travers (1971) pues no hubiera sido adecuado debido al reducido tamaño de la muestra disponible (10 ejemplares).

Para determinar si como lo han sugerido algunos autores (Villa-Ramírez, 1976, 1978; Magatagan *et al.*, 1984; Findley y Vidal, 1985; Robles *et al.*, 1987) existe alguna similitud entre las dietas de la vaquita y la totoaba (*T. macdonaldi*), los resultados obtenidos fueron comparados con los componentes alimentarios del pez registrados por Román-Rodríguez (1990).

Contaminación

Se colectaron muestras de aproximadamente 3 cm³ del hígado, riñón y corazón de un ejemplar fresco, cortando en cada ocasión con una hoja de bisturí nueva y enjuagada con ácido nítrico (HNO₃) 2M. Posteriormente, las muestras fueron liofilizadas durante 24 hrs. para después ser enviadas al laboratorio de contaminación marina de la Estación Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, en donde fueron molidas en morteros de teflón y digeridas con ácido nítrico. A estas muestras, se les agregaron cantidades conocidas de metales pesados, para determinar las concentraciones originales mediante el método de adición de estándares por espectrofotometría de absorción atómica a la flama (Páez-Osuna *et al.*, 1988; Páez-Osuna y Marmolejo-Rivas, 1990)

Morfometría

Utilizando las medidas de los ejemplares de este estudio junto con las registradas en la literatura (Brownell, 1983; Magatagan, *et al.*, 1984; Vidal, 1991) que sumaron un total de 19 vaquitas (10 machos y 9 hembras) colectadas entre 1966 y 1993. Se comparó la longitud total por sexos para determinar si hay diferencia significativa en el tamaño. Se hizo lo mismo con las medidas de 361 marsopas de puerto *P. phocoena* (184 machos y 177 hembras) muertos incidentalmente en redes agalleras en la Bahía de Fundy en Canadá, entre 1985 y 1993, datos que

fueron facilitados por el Dr. Andrew Read del Woods Hole Oceanographic Institution (Woods Hole, Massachusetts 02543). Se consideró a la marsopa de puerto como representante típico de la familia ya que junto con las demás especies de la familia (excluyendo a la vaquita), tienen una distribución antitropical (Barnes, 1985). Tomando en cuenta que los tamaños de muestras son muy diferentes no se realizó una comparación estadística de las medidas de ambas especies. Considerando que la altura de la aleta dorsal es función del área de este apéndice y que esta superficie es importante con relación a la superficie del cuerpo expuesta, se determinó en que proporción es mayor el área de la aleta dorsal de la vaquita en comparación con la marsopa de puerto.

Histología de la aleta dorsal

Tomando en cuenta que las aletas funcionan como órganos de radiación de calor y para conocer el arreglo vascular de éste apéndice en la vaquita se obtuvieron cortes histológicos de tres diferentes partes de la aleta dorsal de seis ejemplares para hacer un análisis microanatómico de su aleta dorsal. La selección de las porciones de las que se obtuvieron los cortes, fue realizada al azar dividiendo la aleta en cuadrantes según la *Figura 2*.

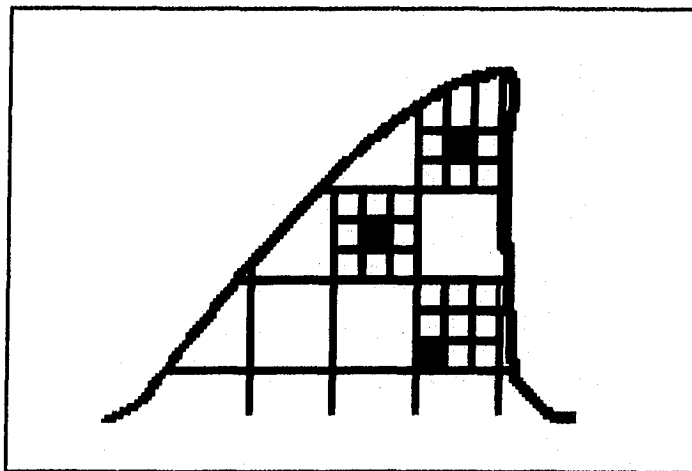


Figura 2. Esquema de la aleta dorsal de la vaquita, mostrando las partes de las que se colectaron muestras para análisis histológicos.

Se procesaron muestras de cinco ejemplares de vaquita con la técnica de inclusión en parafina. Se realizaron cortes de 9μ y se tiñeron con Hematoxilina-Eosina. Esta técnica fue seleccionada de acuerdo con el estado de conservación y método de preservación empleados después de coleccionar las muestras.

Se realizaron descripciones al observar en el microscopio las láminas obtenidas. Finalmente se hicieron comparaciones de la disposición y el arreglo vascular de estas muestras con lo registrado en la literatura para otras especies de cetáceos odontocetos (Felts, 1961).

RESULTADOS

Alimentación

Se revisaron los estómagos de diez vaquitas colectadas entre 1986 y 1993; cuatro de ellas murieron en redes agalleras y posteriormente fueron cedidas por pescadores, en algunos casos, después de haber sido preservadas en congelación. De las seis restantes cinco fueron halladas varadas en playas y una de ellas flotando, mientras se realizaba trabajo de campo. En la *Tabla 1*, se enlistan los ejemplares de *P. simus* utilizados en el presente estudio, señalando algunos datos de cada espécimen y la forma en que fue recuperado.

Tabla 1. Características de los ejemplares analizados.

	Fecha de colecta	Localidad	sexo	longitud (cm)	Deposita do en:	Causa de muerte
1	Feb 1986	El Golfo de Santa Clara, Son.	m	104	IB UNAM	chinchorro
2	Abr 1987	Puerto Peñasco, Son.	m	146	CEDO	? (varado)
3	Abr 1988	El Golfo de Santa Clara, Son.	h	72	IB UNAM	chinchorro
4	Abr 1988	San Felipe, B.C.	m	129	IB UNAM	chinchorro
5	Abr 1988	El Golfo de Santa Clara, Son.	?	...	CEDO	? (flotando)
6	Dic 1990	El Golfo de Santa Clara, Son.	h	107	IB UNAM	chinchorro
7	Jun 1991	Puerto Peñasco, Son.	h	94	IB UNAM	? (varado)
8	Jun 1991	Puerto Peñasco, Son.	m	102	IB UNAM	? (varado)
9	Oct 1991	El Golfo de Santa Clara, Son.	m	98	IB UNAM	? (varado)
10	Nov 1993	El Golfo de Santa Clara, Son.	m	...	IB UNAM	? (varado)

IB UNAM: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

CEDO: Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos. A.P.53 Pto. Peñasco, Son83550

Los estómagos de dos de los ejemplares analizados, provenían de animales pequeños, de menos de 0.95m de longitud. Ambos estómagos estaban vacíos, los dos ejemplares eran hembras, una de 94cm y la otra de 72cm.

En total, se contaron 16 especies de presas (ver *tablas 2 y 3*) agrupadas como sigue:

Once especies de peces, de las que seis fueron identificadas así: *Anchoa helleri*, *A. ischana*, *Lepophidium prorates*, *Cynoscion reticulatus*, *Micropogonias megalops*, *Porichthys miriaster*. Los peces identificados pertenecen a cuatro familias (*Engraulidae*, *Ophidiidae*, *Sciaenidae*, *Batrachoididae*). Un par de otolitos se identificó hasta género (*Anchoa*) y para los restos de cuatro individuos no fue posible identificar más allá de la familia (*Engraulidae* y *Ophidiidae*) a causa del avanzado grado de digestión en que se encontraron esos otolitos.

Dos especies de calamares, pertenecientes al mismo género de la familia *Loliginidae*.

Tres especies de crustáceos: un cangrejo, *Cancer amphioetus* (*Cancridae*) y 2 especies de isópodos de la familia *Cymothoidae*.

En la *Figura 3* se muestra el porcentaje que representa cada grupo de presas descrito.

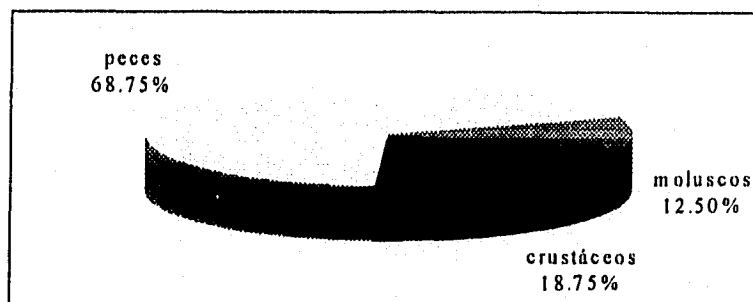


Figura 3. Porcentaje de presas en los estómagos de vaquita, por grupo trófico.

La lista de los componentes dietéticos encontrados en los estómagos revisados se presenta en la *Tabla 2*. A partir de los pares de otolitos o de mandíbulas de calamar se determinó el número de presas en cada ejemplar. Todas las especies de peces identificadas, son de tallas pequeñas, no mayores de 30cm. Ocupan hábitats someros, algunas son alimentadoras de fondo y otras son especies pelágicas. De las once especies de peces halladas, cuatro de ellas (*L. prorates*, *A. ischana*, *M. megalops*, *P. myriaster*) se registraron en dos diferentes ejemplares cada una, mientras que las otras siete estuvieron presentes sólo en el estómago de un ejemplar. De los moluscos, *Lolliguncula tydeus* se encontró en tres estómagos y *L. argus* sólo en uno. Las dos especies de calamar se presentaron en un mismo ejemplar. Es decir, que en tres de los estómagos revisados había calamares. El ejemplar señalado en las *Tablas 1 y 2* con el No. 4 sólo contenía las mandíbulas de cuatro calamares de la misma especie, ese fue el único ejemplar en el que se registró un solo tipo de presa. Los moluscos identificados son animales pequeños (manto de aprox. 4cm de longitud) están asociados al fondo en las aguas costeras. Una de las especies (*L. tydeus*) se encuentra a profundidades de entre 12 y 70m, se considera endémica del Océano Pacífico Oriental Tropical y aparentemente se encuentra restringida a la provincia zoogeográfica Panámica (Barrientos, 1985). Uno de los estómagos revisados contenía un pequeño cangrejo (*Cancer amphioetus*) característico de aguas someras; en el Golfo de California se distribuye al norte de Guaymas (Carvacho y Bonfil, 1989) y es el único crustáceo de vida libre que fue encontrado. Otros crustáceos identificados son isópodos pertenecientes a dos especies de la familia *Cymothoidae*, ambas especies son parásitos de branquias de peces. Los tres isópodos (dos en un mismo estómago), pertenecen al mismo género; todos estaban en buen estado, sin digerir, aunque el resto del contenido estomacal se encontraba más digerido.

También en la *Tabla 2* se indica el grado de digestión de los contenidos estomacales.

Después de descartar los ejemplares cuyos estómagos se encontraron vacíos y utilizando los datos de la *Tabla 2*, se calculó la frecuencia de ocurrencia para las especies identificadas. Se encontró que había restos de peces en el 87.5% de los estómagos revisados, moluscos en el 37.5% y crustáceos en el 12.5%.

Tabla 2. Contenido estomacal de los ejemplares estudiados.

Ejemplar No.	Presas	Cantidad (ejemplares)	Grado de digestión
1	<i>Lepophidium prorates</i>	3	I
	<i>Anchoa ischana</i>	3	
2	<i>Micropogonias megalops</i>	14	IV
	<i>Cynoscion reticulatus</i>	1	
3	V A C I O	-	-
4	<i>Lolliguncula tydeus</i>	4	IV
5	<i>Porichthys myriaster</i>	6	III
	<i>Anchoa ischana</i>	3	
	<i>Cancer amphioetus</i>	1	
	<i>Lolliguncula tydeus</i> vertebras	3	
6	<i>Lolliguncula tydeus</i>	1	III
	<i>Lolliguncula argus</i>	1	
	<i>Anchoa sp.</i>	2	
	<i>Motochya sp.</i>	1	
	<i>Motochya sp.</i>	1	
7	V A C I O	-	-
8	<i>Motochya sp.</i>	1	III
	pez no identificado (otolito)	1	
	pez no identificado (otolito)	1	
9	<i>Micropogonias megalops</i>	1	II
	<i>Anchoa helleri</i>	2	
	pez no identificado (otolitos)	3	
10	<i>Lepophidium prorates</i>	1	III*
	<i>Porichthys myriaster</i>	1	
	pez no identificado (otolito)	1	

* El material encontrado en ese ejemplar estaba deteriorado por el estado en que se recuperó la vaquita.

En el *apéndice 1*, se señalan algunas características biológicas y ecológicas de cada una de las presas identificadas.

Todas las especies que han sido identificadas como presas de *P. sinus* se indican en la *Tabla 3*. Se incluyen además, las registradas por Fitch y Brownell (1968) y por Vidal *et al.* (1995). No se enlista a la sardina del Pacífico, *Sardinops sagax*, citada por Vidal *et al.* (1995) ya que en ese trabajo los autores especulan sobre la identidad del contenido estomacal al que se refiere Silber (1990a), en este trabajo ese material fue identificado como *Anchoa ischana* (ejemplar No. 5).

Tabla 3. Presas de *Phocoena sinus*.

MOLUSCOS	CRUSTACEOS	PECES
Fam. Lolliginidae <i>Lolliguncula tydeus</i> <i>Lolliguncula argus</i> <i>Lolliguncula panamensis</i> ² <i>Loliopsis diomedea</i> ²	Fam. Cancridae (Decapoda: Reptantia) <i>Cancer amphioetus</i> Fam. Cymothoidae (Isopoda: Flabellifera) <i>Motochya spp.</i> (Parásitos de branquias de peces. Se encontraron dos especies diferentes.)	Fam. Engraulidae <i>Anchoa helleri</i> <i>Anchoa ischana</i> <i>Anchoa sp.</i> especie no identificada Fam. Ophidiidae <i>Lepophidium prorates</i> especie no identificada especie no identificada Fam. Sciaenidae <i>Cynoscion reticulatus</i> <i>Micropogonias megalops</i> <i>Bairdiella icistia</i> ¹ Fam. Batrachoididae <i>Porichthys miriaster</i> Fam. Haemulidae <i>Orthopristis reddingi</i> ¹
4 especies	3 especies	13 especies

¹ Presas registradas por Fitch y Brownell (1968)

² Presas registradas por Vidal *et al.* (1995)

Parásitos

Adicionalmente, cuando las disecciones de los ejemplares fueron realizadas en el laboratorio y trabajando conjuntamente con personal del laboratorio de Helmintología del IBUNAM, se seccionó el tracto digestivo haciendo observaciones en la búsqueda de helmintos parásitos del aparato digestivo, después de examinar los tráctos de cuatro ejemplares que fueron colectados lo suficientemente frescos, sólo en un individuo se encontraron tremátodos. Estos fueron hallados en la parte media del intestino. El estado de estos parásitos permitió hacer la redescrición de *Synthesium tursioni* como lo registra Lamothe-Argumedo (1988).

Contaminación

En el análisis de metales pesados se colectaron muestras del ejemplar señalado en este estudio con el número 6 depositado en la colección mastozoológica del Instituto de Biología de la UNAM (IB4048). Se obtuvieron concentraciones bajas de los contaminantes. Las concentraciones de cobalto, cromo y plomo estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica empleada. En la *Tabla 5* se señalan las concentraciones ($\mu\text{g/g}$) de nueve metales pesados (cobre, cadmio, manganeso, hierro, zinc, níquel, cobalto, cromo y plomo) en muestras de corazón, riñón e hígado de vaquita. Estos resultados fueron publicados por Villa-R. *et al.* (1993).

Tabla 4. Concentraciones de metales pesados en tres tejidos de un ejemplar de *P. sinus* ($\mu\text{g/g}$ peso húmedo).

Metal	Tejido		
	Cardiaco	Renal	Hepático
Cu	15.8	11.7	55.5
Cd	0.2	0.3	0.2
Mn	1.8	1.5	10.7
Fe	440	491	1113
Zn	100	71	102
Ni	0.7	0.5	<0.4
Co	<0.3	<0.3	<0.3
Cr	<1.1	<1.1	<1.1
Pb	<1.8	<1.8	<1.8

Morfometría

Medidas externas

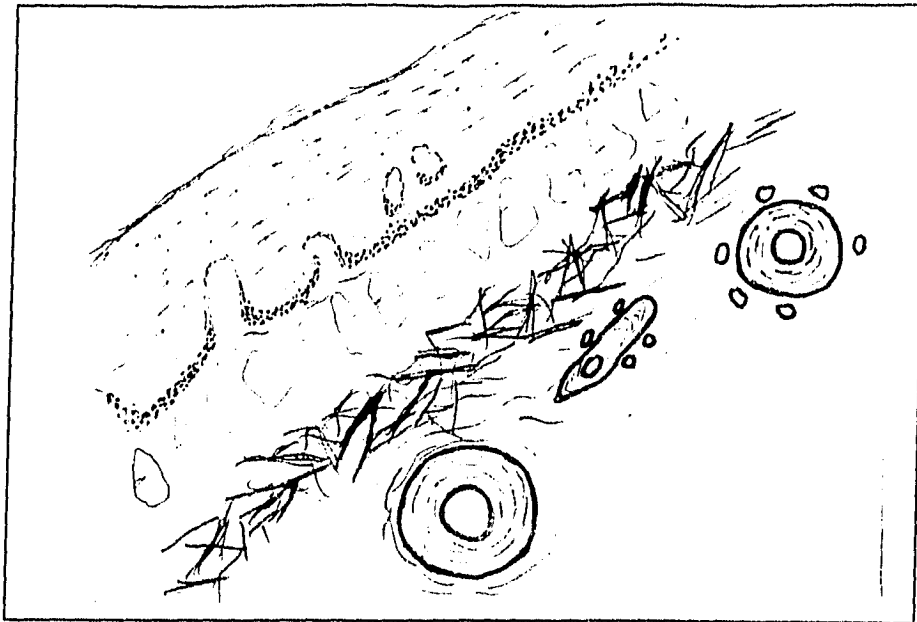
La longitud promedio de una serie de 19 ejemplares estudiados, fue de 1.10m con una longitud mínima de 0.70m y una máxima de 1.50m.

Mediante una comparación de medias se encontró que tanto en *P. phocoena* como en *P. sinus* las hembras son significativamente mayores que los machos (hembras: $\bar{x}=139.1$ $\sigma_{n-1}=14.9$ $n=177$; machos: $\bar{x}=131.3$ $\sigma_{n-1}=12.1$ $n=184$ para *P. phocoena*; y hembras: $\bar{x}=109.6$ $\sigma_{n-1}=28.4$ $n=9$; machos: $\bar{x}=104.5$ $\sigma_{n-1}=25.4$ $n=10$ para *P. sinus*). También se encontró diferencia significativa al comparar las tallas de *P. sinus* y *P. phocoena*.

Se observó que la altura de la aleta dorsal de *P. simus* corresponde al 22.77% de la longitud total mientras que la altura de la aleta dorsal de *P. phocoena* sólo corresponde al 10.37%. Se asume que se encontrarían resultados similares al comparar con cualquier otra marsopa. La diferencia en los tamaños de las muestras no permitió hacer otro tipo de análisis estadístico.

Histología de la aleta dorsal

La epidermis de la aleta dorsal (y en general de todo el cuerpo de los cetáceos), es muy delgada ($5\mu\text{m}$). Por debajo de ella, la dermis presenta ondulaciones que aumentan la superficie y hacen más efectivo el intercambio de calor. Una capa ligamentosa junto con tejido fibroso denso, constituyen la masa central de este órgano; esta porción de tejido conectivo está muy vascularizada, presentando un arreglo de arteriolas rodeadas por un plexo de venas de paredes delgadas como el que se muestra en la *Figura 3*. La sección medular de la aleta dorsal es gruesa en la base, adelgazándose hacia la parte superior y dorsal. Como se señaló antes, la parte central está bien vascularizada y la principal diferencia encontrada en las laminillas analizadas es en cuanto al número de las arteriolas que van desde 4 a 5 por corte (de aprox. 1 cm^2) en la base de la aleta hasta 1 en la porción más apical.



**Figura 4. Corte transversal de la aleta dorsal de vaquita, *Phocoena sinus*.
Dibujado a partir de detalles observados en diferentes laminillas.**

DISCUSIÓN

Alimentación

De los ejemplares estudiados, dos de ellos (No. 3 y 7 de la *Tabla 1*), de menos de 95cm de longitud total, tenían el estómago vacío. Por lo anterior, se considera que ambos eran lactantes. De hecho, uno de los ejemplares, de 72cm de longitud, aún tenía en el costado las marcas de los pliegues fetales. El ejemplar No. 9 utilizado en este estudio midió 98 cm y tenía restos de peces en el estómago, además, Urbán (1995, com. pers.) encontró vértebras de peces en una cría del sexo masculino que midió poco menos de 100cm de longitud; de acuerdo con el trabajo de Peralta (1995) esas vaquitas debieron haber tenido alrededor de tres meses. No existen más datos para determinar exactamente a que edad ni a que talla empiezan a ingerir otro alimento, sin embargo, es posible que cerca de la edad señalada (alrededor de tres meses) complementen su dieta con algunas presas. Un comportamiento similar ha sido descrito en el caso de otras especies de cetáceos odontocetos como el delfín común, *Delphinus delphis*, en el que se ha encontrado que comienza a complementar su dieta láctea con calamares y peces entre los 2 y 3 meses de edad (Evans, 1994).

Los peces registrados en la muestra estudiada constituyen el grupo más abundante en la dieta de la vaquita ya que se contaron 43 individuos, contra 9 de moluscos y 4 de crustáceos. Además, constituyeron también el grupo más diverso con 11 especies contra dos de moluscos (calamares) y tres de crustáceos. De los últimos, dos especies son componentes accidentales de la dieta ya que son parásitos de peces y el cangrejo *Cancer amphioetus* es el único crustáceo de vida libre

registrado como parte de la dieta de la vaquita. Se encontraron solamente peces en el 50% de la muestra (en el 62.5% si se suma un estómago en el que además de restos de peces sólo había isópodos parásitos de los primeros); mientras que solamente en un ejemplar (12.5%) había moluscos como único contenido. Aunque debido al tamaño de la muestra no se practicó otro tipo de análisis, se aprecia que los peces son el componente principal en la dieta de la vaquita, mientras que los moluscos son un componente secundario y los crustáceos constituyen un componente accidental.

Los resultados presentados muestran que la vaquita es una especie oportunista. Aparentemente *P. sinus* no depende de alguna presa en particular. Sin embargo, es importante recalcar que el tamaño de la muestra estudiada es muy pequeño.

Un análisis cualitativo de la dieta, refuerza la afirmación de que la vaquita es una especie oportunista. Si bien, algunas de las presas de *P. sinus* sólo se distribuyen en la parte norte del Golfo de California, se puede decir que se encuentran prácticamente en toda el área de distribución de la especie.

Por otro lado, varias de las especies de peces de la lista de presas de la vaquita son peces soníferos, es decir, tienen la capacidad de producir fuertes sonidos por lo que algunos de ellos son conocidos como roncadores. Aunque los sonidos producidos por estos peces son de frecuencias diferentes a las que la vaquita utiliza para fines como la navegación o la localización de presas, son tan fuertes que llegan a ser escuchados por el cetáceo. De esta manera, la vaquita puede localizarlos de una manera pasiva que implica un menor gasto energético. Lo anterior ha sido observado en el caso de la tonina o tursión, *T. truncatus* (Barros, 1993) un cetáceo considerado como una especie típicamente oportunista (Shane *et al.*, 1986; Delgado, 1991). En el caso de la vaquita, las especies que componen su alimentación y que emiten sonidos son: el roncador o corvineta (*Bairdiella icistia*), el chano o berrugato (*Micropogonias megalops*), el roncacho

(*Orthopristis reddingi*), la corvina rayada (*Cynoscion reticulatus*), es decir que de siete especies de peces registradas, al menos cuatro de ellas producen sonidos. Como lo señala Barros (1993) la dieta de un cetáceo que se base en los sonidos que producen sus presas para detectarlas puede cambiar estacionalmente, ya que en muchas ocasiones los sonidos emitidos por los peces, tienen funciones asociadas con la reproducción, razón por la cual no emiten sonidos durante todo el año. Con base en el argumento anterior, podría esperarse por ejemplo, encontrar al peje rey (*Leuresthes sardina*) como parte de la dieta de la vaquita, principalmente durante los meses de enero a mayo y especialmente en torno a los días de luna nueva o llena; ya que además de que la especie es de talla similar a las presas conocidas de la vaquita, es abundante en el alto Golfo de California y cuando se agrupan para desovar y fertilizar los huevos en la línea de marea, producen 'ronquidos' como los mencionados para las especies antes listadas.

Para el caso de los calamares, se puede pensar que también presenten características que le permitan a la vaquita detectarlos de manera pasiva, ya que varias especies presentan fotóforos lo que los hace más fácilmente detectables de manera visual. Esta misma característica se presenta en algunos peces encontrados en los estómagos analizados, como es el caso del pez sapo (*Porichthys myriaster*) que presenta una gran cantidad de estos órganos.

Con excepción de los ejemplares considerados como lactantes, todos los ejemplares de la muestra analizada, contenían alimento en el estómago y la mayoría en las primeras etapas de digestión; considerando que la mayor parte de las vaquitas colectadas murieron incidentalmente en actividades de pesca, puede pensarse que se enmallaron mientras se encontraban alimentándose.

Goodson *et al.* (1994) señalan que los intentos para reducir la mortalidad incidental de cetáceos han considerado al problema desde dos perspectivas: a) **detección**, cuando un cetáceo no sabe que hay un obstáculo; y b) **clasificación**, cuando detecta 'algo' sin considerarlo como una

amenaza. Estos autores consideran, entre otros, que cuando un odontoceto está localizando alguna presa, no presta atención a blancos secundarios o a detalles del entorno; así, el animal tendría que tener conocimiento de la red previo a la detección del pez para poder evitar el obstáculo. Además de este interesante punto de vista, las evidencias aquí presentadas indican que la vaquita -al igual que otros odontocetos- localiza a sus presas principalmente de manera pasiva, por lo que se le puede agregar al problema de la mortalidad otro componente, la vaquita no detectaría a las redes en muchas ocasiones no por falta de capacidad para hacerlo, sino porque no utiliza su sistema de eco-localización todo el tiempo.

Las evidencias anteriores indican que la vaquita detecta a sus variadas presas sin utilizar la eco-localización; lo que puede explicar la incidencia de mortalidad incidental en redes agalleras. Los sonidos que la vaquita emite hacen que sea capaz de detectar estructuras muy pequeñas (Silber, 1991) por lo que podría pensarse que sería capaz de ubicar y evitar obstáculos como una red, sin embargo, como parece indicar la evidencia aquí presentada, la vaquita es un odontoceto oportunista que localiza a sus presas principalmente mediante métodos pasivos, estrategia que permite suponer que no utiliza sus capacidades de ecolocalización todo el tiempo. En vista de lo anterior, un dispositivo potencialmente útil para reducir la mortalidad incidental, son las alarmas acústicas como las propuestas por Kraus y colaboradores (1995), con dos inconvenientes potenciales identificados por el Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional en su reunión de 1995 (IWC, 1996): la habituación de los animales a los sonidos emitidos por las alarmas; y los altos costos de los dispositivos requeridos. Sin embargo, la idea de utilizar una alarma acústica podría ser desarrollada y aplicada con medios más sencillos de acuerdo con las posibilidades del pescador.

Barros (1993) presenta una revisión de los métodos de alimentación de los cetáceos odontocetos, en donde señala que además de la teoría de eco-localización aceptada actualmente, para algunos odontocetos como los calderones (*Globicephala melas*) y las ballenas picudas (Fam.

Ziphiidae) existen evidencias anatómicas y conductuales que muestran que estos cetáceos se valen de la succión para atrapar a sus presas. Werth (1989) señaló que en general los odontocetos con excepción de los delfines de río se valen de la succión en alguna medida para atrapar e ingerir sus presas. Esta habilidad es mayor cuando el cetáceo tiene el hocico achatado y no presenta mandíbulas alargadas, como es el caso de la vaquita, además el tamaño de todas las presas identificadas, le permite al cetáceo ingerirlas de esta manera sin tener que trozarlas o masticarlas. Por su parte, Escatel (1995) mostró que en la vaquita existen adaptaciones morfológicas que le permiten utilizar la succión como método para capturar e ingerir sus presas.

Silber (1990a) sugirió que la distribución de *P. simus* está determinada por una interacción multifactorial de componentes oceanográficos y biológicos de entre los que resaltan: profundidad moderada, relativa proximidad a la costa, altos niveles de productividad biológica, fuerte mezcla vertical y altas concentraciones de materia orgánica suspendida. El hábitat descrito, le permite a la vaquita tener una alimentación variada basada principalmente en presas bentónicas y pelágicas.

De los resultados obtenidos, se observa que en la dieta de la vaquita predominan las especies demersales, siendo todas características de zonas estuarinas, encontrándose entre ellas especies anádromas y eurihalinas. Dada la reducida extensión de la región más septentrional del Golfo de California, en donde la vaquita coexiste con *Tursiops truncatus* durante todo el año y con *Delphinus capensis* durante los meses fríos, se ha sugerido que la competencia interespecifica limite el nicho de la marsopa (Silber, 1990a). Sin embargo, en cuanto al delfín común, este no se encuentra en la región norte del Golfo de California durante el verano (Gallo y Alessio, en prep.; Pérez-Cortés *et al.*, en prep.), y además el principal componente de su alimentación son peces pelágicos de cardumen (Evans, 1994) habiéndose registrado como componentes de su dieta en el Golfo de California: la sardina del Pacífico *Sardinops sagax*, la sardina machete o crinuda *Ophistonema* sp., la sardina japonesa *Etrumeus teres*, la anchoveta *Cetengraulis mysticetus*, la macarela del Pacífico *Scomber japonicus* y la pescada o merluza *Merluccius productus* (Gallo,

1991). Por otra parte, se ha observado que en el alto Golfo de California *Tursiops truncatus* se alimenta de lisas *Mugil cephalus* (Pérez-Cortés *et al.*, 1989) y de cefalópodos no identificados de mucho mayor talla a los encontrados en estómagos de vaquita.

Un dato importante, es el hecho de que una parte de los ejemplares recuperados fueron víctimas de chinchorros de luz de malla grande (superior a 7 pulgadas), lo mismo es cierto para ejemplares recuperados por otros investigadores (Brownell *et al.*, 1987; D'Agrossa *et al.*, 1994). Entre otras razones que se explican más adelante, se puede señalar que aunque en ciertas épocas se ha dado la pesca ilegal de totoaba, también es cierto que esta actividad no es comparable a la realizada antes de la veda establecida en 1975. Además, según lo afirman los pescadores, después de la prohibición esta actividad ha ido disminuyendo gradualmente hasta llegar a ser prácticamente inexistente en los años más recientes en los que la vigilancia se hizo más estricta y las sanciones más severas y efectivamente aplicadas. El establecimiento de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (Diario Oficial, 1993) en cuya zona núcleo queda incluido el delta del Río Colorado, definitivamente es una medida útil en la conservación de la especie y el ecosistema que habita; sin embargo, como se verá más adelante, hacen falta medidas relacionadas a otro importante aspecto: el aporte de agua dulce.

Para comparar las dietas de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) y la vaquita (*P. simus*) se utilizaron los resultados publicados en otros trabajos sobre la alimentación del pez; Berdegué (1955) señala que la dieta de las totoabas jóvenes es muy diferente a la de los adultos. Según el mismo autor, cuando estos peces son jóvenes se alimentan de aquellas especies características de los esteros de la región, se incluyen principalmente camarones jóvenes (*Penaeus spp.*), peces de la familia *Gobiidae* (*Gobionellus longicauda* y *Gillichthys mirabilis*) y pequeños cangrejos no identificados. En ejemplares adultos halló peces de la familia *Engraulidae* (*Cetengraulis mysticetus* y *Anchoa mundeloides*), camarones adultos muy grandes (*Penaeus sp.*), restos de cangrejos no identificados, corvinas y otros sciánidos. Por su parte, Román-Rodríguez (1990)

analizó el contenido estomacal de totoabas adultas ($1115\text{mm} < x < 1570\text{mm}$) y además de presentar una identificación más detallada de los componentes encontrados, incluye algunos índices como el de frecuencia de ocurrencia por presas y por grupo trófico: Peces 86.53%, Crustaceos 25% y Moluscos 1.92%.

En la *Tabla 4*, se presenta una comparación de los índices de frecuencia de ocurrencia de la presas y de los niveles ecológicos identificados en estómagos de *P. simus* y *T. macdonaldi*, mostrando los géneros y las especies de presas comunes para ambos depredadores. Para calcular la frecuencia de ocurrencia de los componentes alimenticios de la vaquita, se incluyó el ejemplar registrado por Fitch y Brownell (1968), sin embargo, no fue posible incluir en el análisis los datos presentados en el trabajo de Vidal *et al.* (1995) ya que no se indica el número de presas encontradas en cada ejemplar y tampoco indican si además de los calamares mencionados había otras presas.

Tabla 5. Similitudes entre las dietas de las dietas de la vaquita y la totoaba.

VAQUITA		
Pisces	Molusca	Crustacea
frecuencia de ocurrencia: 87.5%	37.5%	12.5%
<i>Micropogonias megalops</i> <i>Anchoa ischana</i> <i>Anchoa helleri</i> <i>Anchoa spp.</i> <i>Cynoscion reticulatus</i>	ESPECIES:	
TOTOABA		
Pisces	Molusca	Crustacea
frecuencia de ocurrencia: 86.53%	1.92%	25.00%
<i>Micropogonias megalops</i> <i>Anchoa mundeloides</i> <i>Cynoscion spp.</i>	ESPECIES:	

La vaquita -al menos una parte importante de su población- permanece en la parte norte del Golfo de California durante todo el año, mientras que la totoaba realiza una migración, viajando hacia aguas profundas de la región central de esta cuenca, sitios en los que permanece durante el verano. Además, de acuerdo con los resultados aquí presentados y la información publicada respecto a la alimentación de la totoaba (Berdegué, 1955; Román-Rodríguez, 1990) los componentes de las dietas del pez y del cetáceo son diferentes al igual que la frecuencia de ocurrencia de los principales grupos. Solamente se encontró coincidencia en una especie de pez, el chano o berrugato *Micropogonias megalops*. Posiblemente existieran otras similitudes ya que además de que la muestra analizada es pequeña, Román-Rodríguez (*op. cit.*) sólo logró identificar en un caso, otolitos hasta el nivel de género (*Cynoscion*) mientras que en el presente trabajo se llegó a la especie *C. reticulatus*, aún así, a la fecha serían sólo esas dos especies comunes para ambos depredadores.

En cuanto a los crustáceos y moluscos, además de encontrarse en las dietas de la vaquita y de la totoaba en proporciones muy diferentes, las especies encontradas, así como sus características ecológicas también son diferentes.

Como se puede observar a partir de las evidencias publicadas (Berdegué, 1955; Román-Rodríguez, 1990) y de los resultados incluidos en la *Tabla 4*. Es posible sugerir que ambas especies son oportunistas en cuanto a su alimentación y que no compiten entre si por el alimento. Las asociaciones existentes entre animales de diferentes taxa (ej. atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, y diferentes especies de delfines) no necesariamente están determinadas por la alimentación (Norris y Schlit, 1988, Würsig, 1986). En el caso de la relación atún - delfin, existen diferencias en cuanto a las presas consumidas y las horas de alimentación (Perrin *et al.*, 1973) pero en este caso no hay duda de la asociación entre el atún aleta amarilla, *T. albacares*, y el delfin manchado, *Stenella attenuata*, el delfin tornillo, *S. longirostris*, y otros. Sin embargo, en ningún avistamiento documentado de vaquita se han observado totoabas o alguna señal de que

estos peces se encontraran en la zona. Además, pescadores entrevistados en diferentes ocasiones señalan que no han observado juntos al pez y al mamífero.

Por lo anterior, aunque varios autores (Villa, 1976, 1978; Magatagan *et al.*, 1984; Findley y Vidal, 1985; Robles *et al.*, 1987) señalan que es factible una asociación entre la vaquita y la totoaba, se considera que no existe ninguna evidencia que apoye esta suposición y el hecho de que las vaquitas mueran incidentalmente en redes totoaberas, sólo se debe a que ambas especies comparten temporalmente el mismo hábitat al igual que en diferentes temporadas son otras las especies de peces que coexisten con el cetáceo y consecuentemente se han llegado a encontrar vaquitas en chinchorros con luz de malla grande, tendidos en la zona para la captura de otras especies; lo anterior debido a la susceptibilidad de la especie a morir en estos dispositivos y no a su supuesta asociación con alguna especie en particular. Debido a que la vaquita y la totoaba habitan la misma región desde los finales del otoño hasta los principios de la primavera, ambos se pueden beneficiar de las medidas de conservación y protección que se apliquen para cualquiera de los dos (ver *Apéndice 2*).

Como puede apreciarse en el *apéndice 1*, prácticamente todas las especies de las que se tiene conocimiento que la vaquita se alimenta, son de aguas someras o de distribución costera. Además del conocimiento de la alimentación y ecología, lo anterior, tiene una gran trascendencia ya que hasta la fecha, todos los esfuerzos previos para realizar estimaciones del tamaño de la población, habían sido determinados al azar y, en ocasiones, no se había dedicado suficiente esfuerzo de búsqueda en las zonas someras (Gerrodette *et al.*, en pren.), en parte debido al calado de las embarcaciones empleadas y al consecuente riesgo que implica navegar en esas regiones, riesgo que se agrava a causa de las extremas mareas que se presentan en la región. Con base en la evidencia aquí presentada, se propone que en los estudios futuros para conocer el estado de la población de esta especie, se realice esfuerzo de búsqueda en áreas cercanas a la costa y con profundidades de menos de 20m. Los lugares con las características indicadas, son hábitats

potenciales para la vaquita en los que a la fecha, no se ha realizado esfuerzo de observación (IWC, 1995:87).

Parásitos

La presencia del trematodo *Synthesium tursioni* como endoparásito del aparato digestivo de *Phocoena sinus* que ha sido encontrado en cetáceos de muy distintas localidades (Lamothe-Argumedo, 1988) puede ser un indicio de que esta última especie, no siempre ha estado confinada a la porción más septentrional del Golfo de California como lo señalan autores como Brownell (1986). Aunque la distribución actual de la vaquita se concentra principalmente en el área más norteña del Golfo de California (Silber y Norris, 1991; Gerrodette *et al.*, 1995), como lo señaló Silber (1990a) esto es consecuencia de la disminución en el tamaño de la población y del área que ocupa y como lo observó Villa (1976, 1994) el sur del cinturón insular del Golfo de California es parte de la distribución periférica actual de *Phocoena sinus*.

Contaminación

Entre los factores que más han afectado no solo a la vaquita, sino al ambiente del Alto Golfo en general, se encuentran los cambios ambientales provocados por la dramática disminución en el flujo del Río Colorado. A causa de lo anterior, la región que por sus condiciones de encierro y aporte de agua dulce anteriormente se comportaba como un sistema estuarino negativo en la actualidad actúa como un sistema estuarino positivo (Thompson *et al.*, 1987). Considerando no sólo la parte norte del Golfo de California, se puede apreciar un gradiente de salinidad que aumenta hacia la parte norte y un gradiente de contaminantes que aumenta hacia el sur (Anderson y Herrmann, 1993). En ambos casos, la causa es la disminución del flujo de agua por el Río Colorado. La gran cantidad de sustancias agroquímicas que serían contaminantes potenciales para la región del Alto Golfo de California, utilizadas debido a la intensa actividad agrícola en la región conocida como el Valle Imperial al norte de la frontera y los Valles de Mexicali y de San

Luis, al sur; no son descargadas al Golfo de California a causa del escaso flujo de agua a través de la frontera. Lo anterior queda evidenciado en algunos estudios de contaminantes en los que como se señaló antes existe un gradiente negativo de sur a norte. Esta situación que de alguna manera puede considerarse afortunada para la conservación del ecosistema, implica a su vez un fuerte impacto a la región debido a la falta de agua dulce. En el caso particular de la vaquita, basta con ver que entre sus presas, al menos el roncador o corvineta (*Bairdiella icistia*) es una especie anádroma, mientras que los Sciaenidos y los Engraulidos que forman parte de su alimentación, son especies típicamente estuarinas o bien, adaptadas para vivir en zonas con gran descarga estuarina; además, los calamares identificados en su dieta, (género *Lolliguncula*) son especies eurihalinas. Lo anterior, es un claro indicio de que la falta de agua dulce es una situación que afecta a todo el ecosistema del alto Golfo.

El estudio realizado por Villa, Páez-Osuna y Pérez-Cortés (1993) demuestra que la presencia de metales pesados en los tejidos de la vaquita no alcanza niveles importantes. Los resultados indican que en general, en el hígado se presentan mayores concentraciones de los elementos metálicos analizados con excepción del cadmio y níquel cuyos niveles fueron ligeramente mayores en el tejido cardíaco. Lo anterior concuerda con lo encontrado en otros pequeños cetáceos. Sin embargo, y en general, las concentraciones de metales pesados en los tejidos de la vaquita son menores y en el caso del cobalto, cromo y plomo, incluso se encontraron por debajo del límite de detección de la técnica empleada. Por lo antes expuesto, se sugiere que las concentraciones encontradas (*Tabla 5*) son básicas y pueden ser consideradas como de referencia.

Por su parte, Calambokidis y otros (1993) encontraron, también trabajando con una muestra pequeña, bajas concentraciones de DDT o sus metabolitos en la grasa subcutánea de la vaquita y no encontraron restos de otros hidrocarburos clorinados contaminantes. Estos autores concluyen que el origen de estos tóxicos no es de aplicaciones recientes y que no representan un riesgo para

la especie. Lo anterior se debe al reducido flujo del Río Colorado (Alvarez-Borrego, 1983) más que a la ausencia de estos contaminantes en las actividades agrícolas en la cuenca del Colorado.

Los mamíferos marinos han sido reconocidos como indicadores importantes de la salud de los ecosistemas marinos ya que además de ser depredadores de tercer orden, son longevos y consecuentemente vulnerables a la acumulación de sustancias tóxicas (Moscrop y Simmonds, 1994); su posición en la cadena alimentaria los hace particularmente vulnerables a las actividades humanas (Northridge y Pilleri, 1986). Sin embargo, en este caso, se aprecia que la contaminación o la acumulación de metales pesados, que en otros casos es responsable de deficiencias en la reproducción (Calambikidis, 1986; Hohn *et al.*, 1993), no son un problema para la vaquita. Como se señaló antes, las bajas concentraciones de contaminantes, de algún modo pueden ser consecuencia del escaso aporte de agua del Río Colorado.

En diferentes oportunidades (D'Agrossa *et al.*, 1995; IWC, 1995) se ha afirmado que la pesca es responsable del reducido tamaño de la población de vaquita, sin embargo, aunque la muestra de ejemplares colectados es pequeña, esa afirmación es parcial. Se debe insistir que otros factores provocados por la reducción en el aporte de agua dulce por el Río Colorado son responsables de un fuerte impacto a la región. Además de la efectiva aplicación de las medidas de conservación existentes, resumidas en el *Apéndice 2*, hace falta proponer formalmente medidas que permitan incrementar el aporte de agua dulce por el Río Colorado.

Morfometría:

La aleta dorsal de la vaquita, es proporcionalmente mayor a la de la marsopa de puerto en particular y a la de otros cetáceos en general. Esta característica *per se* señalada por Norris y McFarland (1958) al describir a *P. simus* le permite a la vaquita contar con una mayor superficie para la pérdida de calor; adaptación muy importante para el ambiente en el que la especie habita

(Pérez Cortés, 1990) ya que a diferencia de las áreas de distribución de todos los demás Phocoenidos, el hábitat de la vaquita llega a presentar temperaturas cercanas e incluso mayores a los 30°C durante los meses de verano y otoño.

Con una talla máxima de 1.50m (1.435m registrada en la literatura (Brownell *et al.*, 1987)) la vaquita es la marsopa más pequeña y uno de los cetáceos de menor tamaño. Además de lo anterior, el arreglo histológico de su aleta dorsal le permite que el flujo de calor de la sangre arterial se dé hacia la sangre venosa que regresa hacia el interior del cuerpo y no hacia el exterior, permitiendo un intercambio de calor muy efectivo. El arreglo de arteriolas rodeadas por un plexo con venas es similar al observado en los apéndices de otros cetáceos (Felts, 1961). Este arreglo permite que durante los periodos de mayor actividad y consecuentemente mayor flujo y presión sanguínea, aumente el calibre de las arteriolas, que así comprimen a las venulas que las rodean, provocando que el flujo de calor se dé hacia el exterior. Mientras que en periodos de baja actividad y menor producción de calor se reduce el flujo sanguíneo, disminuye el diametro arterial permitiendo el regreso de calor a través de las venulas del plexo periarterial.

Las aletas dorsales y en general, los apéndices corporales de los cetáceos (aleta dorsal, aletas pectorales y lóbulos caudales) son órganos muy poco masivos y con una gran superficie expuesta lo que los hace funcionar como excelentes radiadores. Consecuentemente, mientras mayores sean estos apéndices con relación al tamaño del organismo, más efectivo será el intercambio de calor.

La característica de poseer apéndices corporales proporcionalmente grandes, aunada a la pequeña talla de las vaquitas, que se pueden considerar como uno de los cetáceos de menor tamaño, les permite deshacerse del exceso de calor con mayor facilidad. Esta tendencia en la reducción de la talla junto con el aumento en el tamaño de los apéndices corporales es contraria a la de la mayoría de los mamíferos marinos en general, en los que se muestra una tendencia al aumento en el tamaño del cuerpo y reducción en los apéndices corporales como adaptaciones para

conservar más eficientemente el calor en un medio en el que este se pierde mucho más rápido que en el aire. La diferencia encontrada entre la longitud de machos y hembras, puede deberse a que el proceso adaptativo de disminución en el tamaño del cuerpo sea más lento en las hembras a causa de una supuesta mayor dificultad para disminuir el tamaño del aparato reproductor.

Tamaño y forma de aletas pectorales y caudal

Las aletas pectorales y lóbulos caudales de la vaquita también son proporcionalmente mayores a los de otros cetáceos y particularmente a los de los *Phocoenidos* con relación a la longitud total del cuerpo. Además, las aletas pectorales están provistas de un sexto dedo. Este fenómeno de polidactilia, descrito por Ortega (1993) y por Villa y colaboradores (en pren.) hace que la superficie del cuerpo de la vaquita se incremente ya que además de la presencia del sexto dedo, los elementos óseos correspondientes al segundo y tercer dígitos se encuentran muy alargados haciendo que estos apéndices sean proporcionalmente más largos y anchos que los de otros *Phocoenidos* como se puede apreciar en los trabajos de Noble y Fraser (1971), Ortega (1993) y Villa *et al.*, (en pren.).

CONCLUSIONES

La vaquita es una especie que no es muy selectiva en su alimentación, más bien, puede considerarse como oportunista. Su dieta está formada principalmente por peces de talla pequeña (10 a 30 cm), calamares pequeños y accidentalmente por crustáceos (pequeños cangrejos e isópodos parásitos de peces).

Según la literatura, la totoaba tampoco es muy selectiva en su alimentación y gracias a las evidencias aquí presentadas, se puede ver que las dos especies no compiten por alimento.

No hay evidencia que apoye que existe una asociación entre la totoaba y la vaquita. Si en algunas ocasiones han sido víctimas del mismo tipo de chinchorros, esto sólo se debe a que en algunas temporadas del año, comparten el mismo hábitat.

La contaminación por acumulación de metales pesados en tejidos de la vaquita, aparentemente no son un problema que pueda haber provocado la disminución en el tamaño de la población ya que las concentraciones encontradas son mínimas e incluso en algunos casos no pudieron ser detectadas con la técnica empleada.

La vascularización de la aleta dorsal de la vaquita, es similar a la de otros cetáceos, presentando un arreglo útil para la termorregulación. Sin embargo, es probable que en la vaquita la circulación periférica sea mayor. El pequeño tamaño de la vaquita, es una adaptación al lugar en el que habita, que presenta altas temperaturas para un cetáceo. La disminución en la talla, es una adaptación contraria a la tendencia de otros cetáceos en general. Una disminución en la talla, puede favorecer la susceptibilidad a ser depredado y en este caso, junto con los apéndices

corporales más desarrollados también hacen a la vaquita más susceptible al enmallamiento. Esto último, aunado a otros agentes impactantes que actúan sobre el Alto Golfo de California, puede ser la causa de que la población sea pequeña y que en la actualidad se encuentre aún más reducida.

El tamaño de la muestra existente para hacer estudios de la biología de la especie, aún es pequeña. Es recomendable continuar con este tipo de estudios para tener más elementos que faciliten una adecuada administración del recurso.

APENDICE 1

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS EN LOS ESTÓMAGOS DE VAQUITAS.

Peces

Familia Ophidiidae



Figura 5. *Lepophidium prorates*. (tomada de Robins, 1962)

Lepophidium prorates. Hoja. Especie demersal. Todas las especies de la familia se encuentran en aguas tropicales o cuando menos en latitudes tropicales (Robins, 1962). Se le encuentra en el fondo, en substratos blandos, arenosos o fangosos a partir de los 20m de profundidad (González, com. pers.¹). Su distribución comprende desde la parte norte del Golfo de California, hacia el sur, por el borde oriental de esta cuenca (costa de Sonora, Sinaloa y Nayarit) (Robins, *op. cit.*).

¹ Enrique González. Universidad Autónoma de Baja California Sur. A.P. 19-B 23080. La Paz, B.C.S. México.

Familia Haemulidae

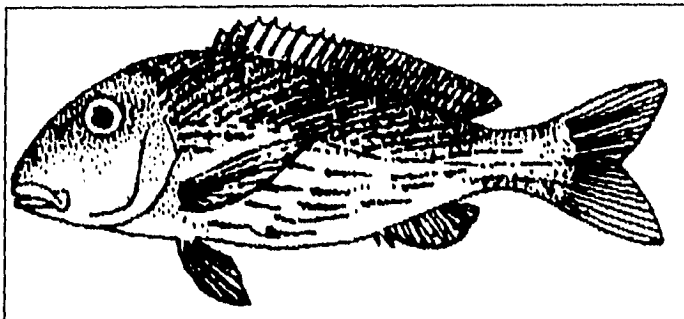


Figura 6. *Orthopristis reddingi*. (tomada de Thomson y McKibbin, 1976)

Orthopristis reddingi. Roncacho. Especie demersal. Se le encuentra en Bahía de San Sebastián Vizcaino y el resto del Golfo de California, aunque ocasionalmente se le puede encontrar en arrecifes y en pozas de marea, es más abundante en los sitios con fondo blando, arenoso o fangoso (Thomson *et al.*, 1987). Su talla máxima es de aproximadamente 30cm (Thomson y McKibbin, 1976).

Familia Sciaenidae

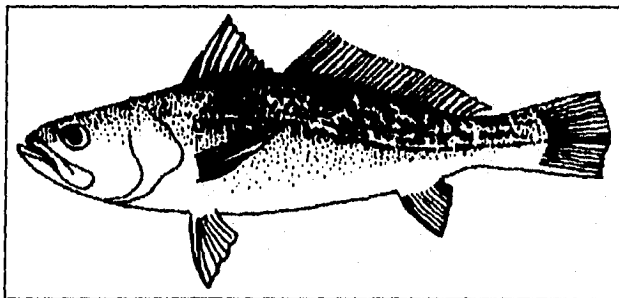


Figura 7. *Cynoscion reticulatus*. (tomada de Thomson y McKibbin, 1976)

Cynoscion reticulatus. Corvina rayada. Especie demersal. Los representantes de este género en otras partes, se encuentran bien adaptados a las zonas de alta turbidez, con gran descarga estuarina y ausencia de vegetación bentónica (Yañez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988). Su talla máxima es de aproximadamente 55cm (Thomson y McKibbin, 1976).

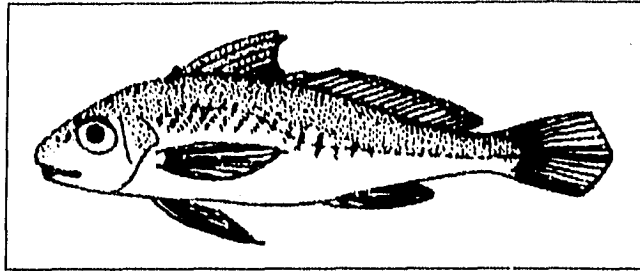


Figura 8 *Micropogonias megalops*. (tomada de Thomson y McKibbin, 1976)

Micropogonias megalops. Chano, berrugato. Especie demersal. Esta especie se encuentra solamente en el Alto Golfo. Las postlarvas de especies similares de otras partes, aprovechan las mareas y otras corrientes residuales hacia la costa, para penetrar y permanecer en las regiones estuarinas de alta productividad (Yañez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988). Se desconoce su talla máxima. En el norte del Golfo de California, cuando escasean otros recursos pesqueros como el camarón, esta especie es pescada en abundancia.

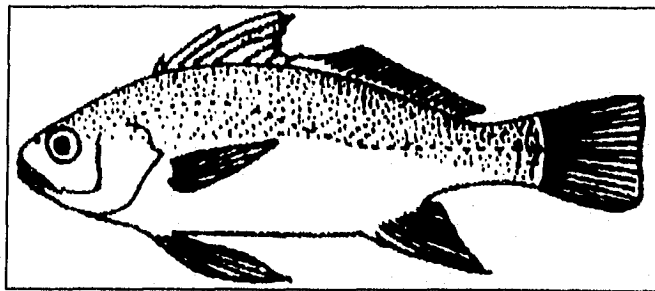


Figura 9. *Bairdiella icistia*. (tomada de Thomson y McKibbin, 1976)

Bairdiella icistia. Roncador o corvineta. Especie demersal, anádroma. Pasan gran parte de su vida en condiciones estuarinas. Especie propia de aguas someras de la costa de todo el Golfo de California. Su talla máxima es de aproximadamente 25cm.

Familia Engraulidae

Con excepción de la anchoa del norte, *Engraulis mordax* y la anchoveta, *Cetengraulis mysticetus*, que son engráulidos eminentemente pelágicos de aguas templadas y tropicales respectivamente, los miembros de esta familia, son especies típicamente estuarinas

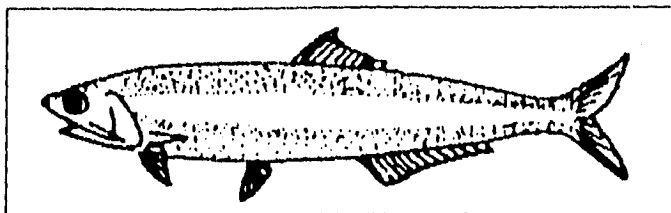


Figura 10. *Anchoa sp.* (tomada de Thomson y McKibbin, 1976)

Anchoa helleri. Anchoa o anchoveta. En el Golfo de California, esta especie sólo se encuentra en la parte norte.

Anchoa ischana. Anchoa o anchoveta. Esta especie, además de ser común en todo el Golfo de California, es la anchoa más abundante en esta cuenca.

Anchoa sp. Anchoa o anchoveta.

Familia Batrachoididae

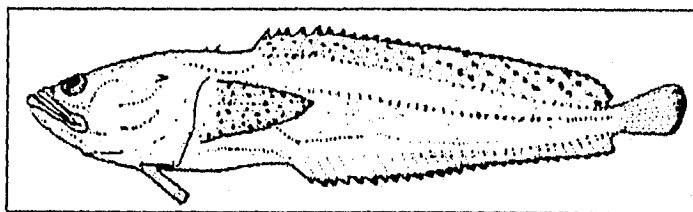


Figura 11. *Porichthys myriaster*. (tomada de Miller y Lea, 1972)

Porichthys myriaster. Pez sapo. Especie demersal. Característica de fondo suave y aguas alejadas de la costa, se le encuentra a partir de los 20m de profundidad y aparece en arrastres con red camaronera realizados por debajo de esa profundidad (González, E. com. pers.) se acerca a los arrecifes para desovar. Los huevecillos se fijan a las partes inferiores de las rocas de aguas someras (Thomson *et al.*, 1979). Su talla máxima es de aproximadamente 25cm (Thomson y McKibbin, 1976).

Moluscos

Familia Loliginidae. Calamares.

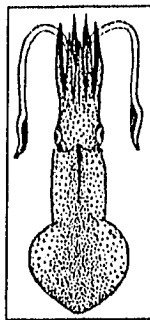


Figura 12. *Lolliguncula tydeus*. (tomada de Barrientos, 1985)

Lolliguncula tydeus. Especie de hábitos epipelágicos, encontrada principalmente entre los 12 y los 70m de profundidad. Está restringida a las márgenes costeras y plataforma continental. Especie endémica del Pacífico Oriental Tropical, aparentemente restringida a la provincia zoogeográfica Panámica. Es una de las únicas especies conocidas de cefalópodos eurihalinos. La longitud máxima del manto es de aproximadamente 12cm, aunque se encuentran con mayor frecuencia ejemplares de 4 a 6.5cm (Barrientos, 1985).

Lolliguncula argus.

Lolliguncula panamensis (= *L. brevis*). Junto con *L. tydeus* es una de las únicas especies de calamares eurihalinos.

Loliolopsis diomedea (= *L. chiroctes*). Especie de fondo, característica de la zona costera. Comúnmente se encuentra en arrastres camaroneiros de lo que se puede decir que habita en fondos suaves, arenosos o fangosos (Klett, com. pers²).

² Alexander Klett T. CRIP La Paz. Km 1 Carretera a Pichilingue. 23000 La Paz, B.C.S. México.

Crustáceos

Familia Cancriniidae (Decapoda).

La familia tiene solamente un género que agrupa 26 especies bastante homogéneas, características de la fauna de aguas someras en mares templados. El reclutamiento se realiza en aguas poco profundas, a veces estuarinas, al crecer, los jóvenes migran hacia aguas más profundas que en general no exceden los 200m (Carvacho y Bonfil, 1989).

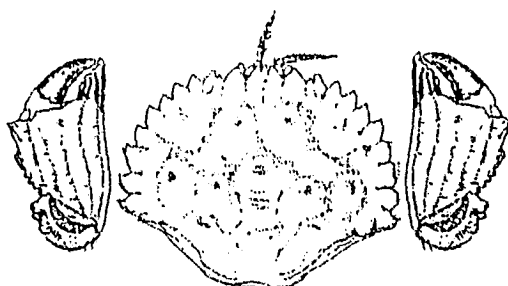


Figura 13. *Cancer amphioetus*. (tomada de Carvacho y Bonfil, 1989)

Cancer amphioetus. Cangrejo. Existen dos poblaciones disjuntas que se distribuyen en las márgenes occidental y oriental del Océano Pacífico Norte, Carvacho y Bonfil (1989) señalan que la población presente en el Golfo de California, a su vez se encuentra aislada de la del Pacífico, y que la especie no ha sido registrada en el extremo sur de la Península de Baja California, región con afinidades faunísticas tropicales. En el Pacífico Oriental se distribuye desde Oregon, E.U. hasta Bahía Magdalena en B.C.S., México; en el Golfo de California se le encuentra al norte de Guaymas. Su talla máxima es de 33.4mm de ancho y 22.4mm de largo de caparazón

Familia Cymothoidae (Isopoda)

Motochya spp. (Dos especies diferentes). Los miembros de esta familia, son exclusivamente ectoparásitos de peces de aguas someras tropicales y subtropicales. Ambas especies encontradas, parasitan branquias.

APENDICE 2

Algunos acuerdos que emitidos para la protección de la totoaba, protegen también a la vaquita, por la vinculación existente entre ambos recursos. A continuación se presentan los acuerdos y decretos publicados en el Diario Oficial y dirigidos a la conservación de la vaquita, la totoaba y el ambiente en el que habitan.

(Secretaría de Industria y Comercio)

30 de mayo de 1974. Acuerdo que establece como zona de reserva, de cultivo o repoblación para diversas especies incluida la totoaba, la zona de desembocadura del Río Colorado.

1 de agosto de 1975. Acuerdo que establece veda total para la totoaba en aguas del Golfo de California.

17 de mayo de 1991. Acuerdo que establece criterios ecológicos que determinan las especies raras, amenazadas o en peligro de extinción incluyendo a la vaquita, *Phocoena sinus*.

(Congreso de los Estados Unidos Mexicanos)

30 de diciembre de 1991. Decreto que adiciona un artículo 254 bis al Código Penal para el Distrito Federal en Materia de Fuero Común. Se impondrá pena de seis meses a tres años de prisión a quienes de manera intencional capturen, dañen gravemente o priven de la vida a mamíferos o quelonios marinos o recolecten o comercialicen en cualquier forma sus productos sin autorización, en su caso, de la autoridad competente.

(Secretaría de Pesca)

13 de febrero de 1992. Acuerdo que ratifica a los anteriores y prohíbe el uso de redes agalleras de luz de malla superior a 10 pulgadas construida con hilo nylon monofilamento, calibre 36 a 40 denominadas totoaberas, durante todo el año en el Golfo de California (Punta Concepción, B.C.S. a Río Fuerte, Sin.).

10 de junio de 1993. Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de Reserva de la Biósfera, la región conocida como Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, ubicada en aguas del Golfo de California y los municipios de Mexicali, B.C., de Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado, Son., integrada por una zona núcleo denominada "Delta del Río Colorado" y una zona de amortiguamiento con una superficie de 464,779-75-00 has.

28 de enero de 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, con la descripción de las áreas naturales protegidas (**TITULO SEGUNDO, CAPITULO I, Sección I.** y la definición de Reserva de la Biósfera (**ARTÍCULO 48**): Las reservas de la biosfera se constituirán en áreas representativas biogeográficas relevantes, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del hombre y, al menos, una zona no alterada, en que habiten especies consideradas endémicas, amenazadas, o en peligro de extinción, y cuya superficie sea mayor a 10,000 hectáreas.

LITERATURA CITADA

- Aguayo L.,A., Perdomo V., A., Salinas Z., M. y Bourillón M., L.**
1986. Avistamientos de Cochito *Phocoena sinus* NORRIS Y MCFARLAND, 1958 en las aguas del Golfo de California, México, desde 1981 a 1984. Memorias III Simposio Ciencias en Sistemas Biológicos. Facultad de Ciencias UNAM. pp. 30-44.
- Aguayo L.,A., Urbán R., J., Sánchez T., R. y Rojas B., L.**
1986. Diversidad y Distribución de los cetáceos en el Golfo de California, México. Resúmenes XI Reunión Internacional sobre Mamíferos Marinos. Guaymas, Sonora, México.
- Alvarez-Borrego, S.**
1983. Gulf of California. pp. 427-449. *En:* B. H. Ketchum (ed.) *Ecosystems of the world*, 26: *ESTUARIES AND ENCLOSED SEAS*. Elsevier Scientific Publishing Company 500pp.
- Alvarez-Borrego, S. y Galindo-Bect.,L.A.**
1974. Hidrología del Alto Golfo de California I. Condiciones Durante Otoño. *Ciencias Marinas*. 1(1):47-64.
- Alvarez-Borrego, S., Flores-Baez., B.P. y Galindo-Bect L.A.**
1975. Hidrología del Alto Golfo de California II Condiciones Durante Invierno, Primavera y Verano. *Ciencias Marinas*. (2):21-36.
- Alvarez-Borrego, S., Rivera, J.A., Gaxiola-Castro, G., Acosta-Ruiz, M.J. y Schwarzlose, R.A.**
1978. Nutrientes en el Golfo de California, *Ciencias Marinas* 5:53-71.
- Alvarez-Borrego, S. y Schwartzlose, R.**
1979. Masas de agua del Golfo de California. *Ciencias Marinas* 6:43-63.
- Anderson, D.W. y Herrmann, H.**
1993. The endangered vaquita or 'little cow'. *UC MEXUS NEWS*. University of California, Riverside. No. 31:3-7.

- Aurioles-G.,D., Le Boeuf, B.J. y Findley, L.T.**
1993. Registros de pinnípedos poco comunes para el Golfo de California. *Rev. Inv. Cient.* Vol 1 (No. Esp. SOMEMMA 1), UABCS. pp. 13-19.
- Barlow, J.**
1986. Factors Afecting the Recovery of *Phocoena sinus*, the vaquita or Gulf of California Harbor Porpoise. Administrative Report No. LJ-86-37. U.S. National Marine Fisheries Service. La Jolla, California. i-ii+19pp.
- Barlow, J., Fleischer, L., Forney, K. y Maravilla-Chavez O.**
1993. An experimental aerial survey for vaquita (*Phocoena sinus*) en the northern Gulf of California, México. *Marine Mammal Science*, 9(1):89-94.
- Barnes, L.G.**
1985. Evolution, taxonomy and antitropical distributions of the porpoises (Phocoenidae, Mammalia). *Marine Mammal Science*. 1(2):149-165.
- Barnes, L.G., Domning, D.P. y Ray, C.E.**
1985. Status of studies on fossil marine mammals. *Marine Mammal Science*. 1(1):15-53.
- Barrientos M., J.G.**
1985. Contribución al estudio biológico del calamar *Lolliguncula tydeus* en el Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura, ENEP Iztacala, UNAM 115pp.
- Barros, N. B.**
1993. Feeding ecology and foraging strategies of bottlenose dolphins on the central east coast of Florida. Ph. D. Dissertation. Faculty of the University of Miami. 327 pp.
- Berdegue A. J.**
1955. La Pesquería de la Totoaba (*Cynoscion macdonaldi* Gilbert) en San Felipe, Baja California. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Tomo XVI, Núms. 1-4 45-78.
- Boyer, R.E. y Turk-Boyer, P.**
1992. Dos vaquitas más en la playa/Two more vaquitas on the beach. *CEDO News/Noticias del CEDO* Publicado por: Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos, A. C., Puerto Peñasco, Sonora, México. Vol. 4 No. 1 pp. 4-5.
- Brownell, R.L.**
1975. *Phocoena dioptrica*. *Mammalian Species*, 66:1-3.
1983. *Phocoena sinus*. *Mammalian Species* 198:1-3.

1986. Distribution of the vaquita, *Phocoena sinus*, in Mexican waters. *Marine Mammal Science* 2:299-305.

Brownell, R.L. y Praderi, R.

1984. *Phocoena spinipinnis*. *Mammalian Species* 217:1-4.

Brownell, R.L., Findley, L.T., Vidal, O., Robles, A. y Manzanilla, S.

1987. External morphology and pigmentation of the vaquita, *Phocoena sinus* (CETACEA: MAMMALIA). *Marine Mammal Science* 3(1):22-30

Brusca, R.C.

1980. *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*. University of Arizona Press. Tucson, Az. 512 pp.

Bryan.

1984. *En*. O. Kinne. *Marine Ecology*

Calambokidis, J., Findley, L.T., Brownell, R.L. y Barlow, J.

1993. Chlorinated hydrocarbon concentrations in the Gulf of California harbor porpoise (*Phocoena sinus*). *En*: Abstracts: 10th Biennial Conference on the Biology of marine mammals. Galveston, TX. Dec. 1993.

Calambokidis, J.

1986. Chlorinated Hydrocarbons in Harbor Porpoise from Whashington, Oregon, and California: Regional Differences in Pollutant Ratios. NMFS-SWFC, Administrative Report lj-85-35c. i-iv+19pp.

Cano Pérez, F. A.

1991. Oceanografía física. pp. 453-495. *En*: G. de la Lanza Espino (De.) Oceanografía de mares mexicanos. AGT editor. i-xii + 569 pp.

Carvacho, A. y Bonfil, R.

1989. El género *Cancer* L. en el Pacífico mexicano (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Rev. Biól. Trop.*, 37(1):37-48.

Carvalho, R.G.

1986. Contribución al conocimiento de la osteología de la vaquita, *Phocoena sinus*, Norris & McFarland, 1958. Resúmenes XI Reunión Internacional sobre Mamíferos Marinos. Guaymas, Sonora, México.

Caurant, F., Amiard-Triquet, C. y Amiard, J.C.

1993. Factors influencing the accumulation of metals in pilot whales (*Globicephala melas*) off the Faroe Islands. pp. 369-390. En: G.P. Donovan, C.H. Lockyer y A.R. Martin. (eds.) *Biology of northern hemisphere pilot whales*. Rep. int. Whal. Comm. (special issue 14). i-xii + 479 pp.

Clute, R.

1928. The totuava fishery at the California Gulf. *Calif. Fish. Bulletin*, division of Fish and Game. 14 (4): 275-281.

Cupp, E.E., y Allen, W.E.

1938. Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by the Allan Hancock Pacific expedition of 1937, En: *Hancock pacific expedition* Publ. 3, pp. 61-74. Unvi. of South. Calif., Los Angeles.

D'Agrosa, C., Vidal, O. y Graham, W.

1994. A preliminary analysis of the incidental mortality of the vaquita (*Phocoena sinus*) in gillnet fisheries during 1993-94. Documento SC/46/SM8. presentado al Comité Científico de la IWC/CBI, en su Reunión Anual en Puerto Vallarta, México, Mayo 1994. 12 pp.

1995. Mortality of the vaquita (*Phocoena sinus*) in gillnet fisheries during 1993-94 (SC/46/SM8). pp.283-291. En: A. Bjørge y G.P. Donovan (eds.) *Biology of the Phocoenids*. Rep. int. Whal. Commn (special issue 16). i-x + 552 pp.

Davies, J.L.

1963. The antitropical factor in cetacean speciation. *Evolution* 17(1):107-116.

Delgado E., A.

1991. Algunos aspectos de la ecología de poblaciones de las toninas (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) en la Laguna de Términos y sonda de Campeche, México. Tesis profesional, ENEP Iztacala. UNAM. 148 pp.

Delgado E., A., Ortega O., J.G., Sánchez R., A.

1994. Varamientos de mamíferos marinos durante primavera y otoño y su relación con la actividad humana en el norte del Golfo de California. *Anales Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx.*, Ser. Zool. 65 (2):287-295.

Diario Oficial

1974. Acuerdo que establece zona de reserva . . . 30 de mayo de 1974. p.12

1975. Acuerdo que establece veda total para la totoaba . . . 1 de agosto de 1975.

1988. Publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico . . . 28 de enero de 1988.

1991. Decreto que adiciona un artículo . . . al Código Penal . . . 30 de diciembre de 1991

1992. Acuerdo que prohíbe el uso de redes agalleras de luz de maya superior a . . . 13 de febrero de 1992. . (4):32-33.

1993. Decreto por el que se declara área natural protegida . . . 10 de junio de 1993. pp. 24-28.

Escatel L., R.E.

1995. Estudio de la musculatura craneal y cervical de la vaquita *Phocoena sinus*, Norris and McFarland 1958 (Cetacea: Phocoenidae). Tesis profesional, México, D. F. UNAM, ENEP Iztacala UNAM. 70 pp.

Evans, P.G.H.

1987. *The Natural History of Whales & Dolphins*. Facts on File Publications. New York. i-xvi + 343 pp.

Evans, W.E.

1994. Common dolphin, white-bellied porpoise *Delphinus delphis* Linnaeus, 1758. pp. 191-224. En: S.H. Ridgway y R. Harrison (eds.) *Handbook of Marine Mammals*, Volume 5: The First Book Of Dolphins. Academic Press, London, U.K. i-xx + 416 pp.

Felts, W. J.L.

1961. Some functional and structural characteristics of cetacean flippers and flukes. pp. 255-276. En: K.S. Norris (ed.) *Whales, Dolphins, and Porpoises*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. i-xv + 789 pp.

Findley, L.T. y Vidal, O.

1985. La marsopa del Golfo de California. *Inf. Cient. y Tecnol.*, Núm. 105, p. 15.

Fitch, J.E. y Brownell Jr., R.L.

1968. Fish Otoliths in Cetacean Stomachs and their Importance in Interpreting Feeding Habits. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 25:2561-2574.

Fleischer, L., Moncada C., R., Pérez-Cortés M., H. y Polanco O., A.

1994a. ANALISIS DE LA MORTALIDAD INCIDENTAL DE LA VAQUITA, *Phocoena sinus*. HISTORIA Y ACTUALIDAD. Informe final al Comité Técnico para la Preservación de la Vaquita y la Totoaba (CTPVT). Abril de 1994. (no publicado) 10 pp.

Fleischer, L., Maravilla, O. y Pérez-Cortés M., H.

1994b. Distribución espacio temporal de la vaquita. Informe final al Comité Técnico para la Preservación de la Vaquita y la Totoaba (CTPVT). (no publicado)

Gallo R., J.P. y Alessio R., B.

en prep. Ecology of the common dolphin, *Delphinus delphis* (Linnaeus, 1758), in the Gulf of California.

Gallo R., J.P.

1991. Group behavior of common dolphins (*Delphinus delphis*) during prey capture. *Anales Inst. Biól. Univ. Autón México*, Ser. Zool. 62(2):253-262.

García de Ballesteros, M.G. y Larroque, M.

1974. Elementos sobre la distribución de turbidez en el alto Golfo de California. *Ciencias Marinas* 1(2):1-30.

Gaskin, D.E., Arnold, P.W. y Blair, B.A.

1974. *Phocoena phocoena*. *Mammalian Species*, 42:1-8.

Gaskin, D.E.

1982. *The Ecology of whales and dolphins*. Heinemann Educational Books. London, U.K. i-xii + 459 pp.

Gerrodette, T.

1994. Estimate of population size for the vaquita, *Phocoena sinus*. Documento SC/46/SM23 presentado al Comité Científico de la IWC/CBI, en su Reunión Anual en Puerto Vallarta, México, Mayo 1994 (no publicado) 7pp. + figuras.

Gerrodette, T., Fleischer, L. y Pérez-Cortés M., H.

1994. Distribution of the vaquita, *Phocoena sinus*, based on recent sightings. Documento SC/46/SM7. presentado al Comité Científico de la IWC/CBI, en su Reunión Anual en Puerto Vallarta, México, Mayo 1994 (no publicado) 9pp. + figuras.

Gerrodette, T., Fleischer, L., Pérez-Cortés M., H. y Villa Ramírez, B.

1995 Distribution of the vaquita, *Phocoena sinus*, based on sightings from systematic surveys. pp.273-282. En: A. Bjørge y G.P. Donovan (eds.) *Biology of the Phocoenids. Rep. int. Whal. Commn* (special issue 16). i-x + 552 pp.

Goodson, A.D., Klinowska, M. y Bloom, P.R.S.

1994. Enhancing the acoustic detectability of gillnets. pp. 585-95. En: W.F. Perrin, G.P. Donovan y J. Barlow (eds.) *Gillnets and Cetaceans. Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15). i-ix+629 pp.

Guardado, P.J.

1975. Concentración de DDT y sus metabolitos en especies fitoalimentadoras y sedimentos en V. Mexicali y Alto Golfo. Calif. Coop. Ocea. Fish. Invest. Reports. Vol XVIII (1 de julio, 1973-30 junio de 1975). p.p. 73-80.

Hendrickson, J.R.

1979. Totoaba: Sacrifice in the Gulf of California, letter to my grandchildren. *Oceans*, 12(5):14-18. @ UCSD(S)-UA(S).

Heyning, J. H.

1986. First record of the dolphin *Steno bredanensis* from the Gulf of California. *Bull. Southern California Acad. Sci.* 85(1):62-63.

Heyning, J. H., y Perrin, W. F.

1994. Evidence for two species of common dolphins (Genus *Delphinus*) from the eastern north Pacific. *Contributions in science*, Natural History Museum of Los Angeles County, No. 442:1-35.

Hohn, A.A., Read, A.J., Fernandez, S., Vidal, O. y Findley, L.

1993. Determinación de edad, crecimiento y reproducción de la vaquita, *Phocoena sinus*. *En: Resúmenes, XVIII Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos*, La Paz, B.C.S. Mayo 1993.

1994. Life history of the vaquita *Phocoena sinus*. Documento SC/46/SM19 presentado al Comité Científico de la IWC, Puerto Vallarta, México, Mayo 1994, 9 pp.

International Whaling Commission.

1995. Report of the Scientific Committee. *Rep. Int. Whal. Commn* 45:53-95.

1996. Report of the Scientific Committee. *Rep. Int. Whal. Commn* 46:89-90.

IUCN Conservation Monitoring Centre, Cambridge, U.K.

1978. *IUCN Red List of Threatened Animals*. Gland, Switzerland and Cambridge, U.K. 105 pp.

Jefferson, T.A.

1988. *Phocoenoides dalli*. *Mammalian. Species*, 319:1-7.

Kanwisher, J. y Sundnes, G.

1961. Thermal regulation in cetaceans. pp. 394-408. *En: K.S. Norris (ed.) Whales, Dolphins, and Porpoises*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. i-xv + 789 pp.

Kelly, B.P.

1975. Report on a study of *Phocoena sinus* Norris & McFarland 1958, and an attempt to collect a specimen. Unpublished manuscript, Marine Studies Division and College VIII, University of California, Santa Cruz, 11 pp.

Kraus, S., Read, A., Anderson, E., Baldwin, K., Solow, A., Spradlin, T., Williamson, J.

1995. A field Test of the Use of Acoustic Alarms to Reduce Incidental Mortality of Harbor Porpoises in Gill Nets. Documento SC/47/SM17. presentado al Comité Científico de la IWC/CBI, en su Reunión Anual en Dublín, República de Irlanda, Mayo 1995. pp. 1-14 + tablas + figuras.

Lamothe-Argumedo, R.

1988. Trematodos de mamíferos III. Hallazgo de *Synthesium tursionis* (Marchi, 1873) Stunkard y Alvey 1930 en *Phocoena sinus* (Phocoenidae) en el Golfo de California, México. *Anales Inst. Biol. UNAM*, 58, Ser. Zool. (1):11-20.

Leatherwood, S., Reeves, R.R., Perrin, W.F. y Evans, W.E.

1988. *Ballenas, Delfines y Marsopas del Pacífico Nororiental y de las aguas Articas Adyacentes*. Una guía para su identificación. Comisión Interamericana del Atún Tropical. Informe Especial No. 6. pp. 208.

Lepley, L.K., Vonder Haar, S.P., Hendrickson, J.R., Calderón-Riveroll, G.

1977. Circulation in the northern Gulf of California from orbital photographs and ship investigations. *Ciencias Marinas* 2(2):86-93. (Vol. For Dec., 1975 publ. In 1977)

Lindsay, G. E.

1983. History of scientific explorations in the Sea of Cortez. pp. 3-12. En: T.J. Case, and Cody (eds.). *Island Biogeography in the Sea of Cortéz*. Univ. of Calif. Press.

López-Jamar, E., Iglesias, J. y Otero, J.J.

1984. Contribution of infauna and mussel-raft epifauna to demersal fish diets. *Marine Ecology - Progress Series*. Vol. 15:13-18.

Maravilla, O., Fleischer, L. y Barlow, J.

1992. Comparación de dos plataformas para realizar censos de la vaquita, *Phocoena sinus*. En: Resúmenes, Reunión de la asociación de investigadores del Mar de Cortés.

Magatagan, M.D., Boyer, E.H. y Villa-Ramírez, B.

1984. Revisión del estado que guarda *Phocoena sinus* Norris & McFarland y Descripción de tres nuevos ejemplares. *Anales Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. Méx.* 55, Ser. Zool. (1):271-294.

Miller, D.J., y Lea, R.N.

1972. *Guide to the coastal marine fishes of California*. Fish Bulletin 157. University of California. 249 pp.

Moscrop, A. y Simmonds, M.P.

1994. The significance of pollution for marine cetaceans. Documento SC/46/O 14. presentado al Comité Científico de la IWC/CBI, en su Reunión Anual en Puerto Vallarta, México, Mayo 1994. 68 pp.

Murie, D.J.

1987. Experimental approaches to stomach content analyses of piscivorous marine mammals. pp.147-163. *En*: A.C. Huntley, D.P. Costa, G.A.J. Worthy y M.A. Castellini (eds.) *Marine Mammal Energetics*. Society for Marine Mammalogy, Special publication No. 1. i-xviii + 253pp.

Noble, B.A., y Fraser, F.C.

1971. Description of a skeleton and supplementary notes on the skull of a rare porpoise *Phocoena sinus* Norris & McFarland 1958. *J. Nat. Hist.* 5:447-464.

Norris, K.S.

1961. Measurements of small cetaceans. *J. Mamm.*,4:471-476.

Norris, K.S. y McFarland, W.N.

1958. A new harbor porpoise of the genus *Phocoena* from the Gulf of California. *J. Mamm.*, 39:22-39.

Norris, K.S. y Prescott, J.H.

1961. Observation of Pacific cetaceans of Californian and Mexican waters. *Univ. Calif. Publ. Zool.*, 63:291-402.

Norris, K.S. y Schilt, C.R.

1988. Cooperative societies in three-dimensional space: on the origins of aggregations, flocks, and schools, with special reference to dolphins and fish. *Ethology and Sociobiology* 9: 149-179. Elsevier Science Publishing Co., Inc.

Northridge, S. y Pilleri, G.

1986. A review of human impact on small cetacean. pp. 221-261 *En*: G. Pilleri, (ed.) *Investigations on Cetacea*. vol. XVIII, Berne 1986.

Orr, R.T.

1969. An additional Record of *Phocoena sinus*. *J. Mamm.*, 50(2):382.

Ortega O. J.

1993. Descripción osteológica de la aleta pectoral de la vaquita *Phocoena sinus* (Cetacea: Phocoenidae). Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala UNAM. 46 pp.

Páez-Osuna, F., Izaguirre-Fierro, G., Godoy-Meza, I., Gonzalez-Farías, R., y Osuna-López, J.I.

1988. Metales pesados en cuatro especies de organismos filtradores de la región costera de Mazatlán: Técnicas de extracción y niveles de concentración. *Contaminación Ambiental*. 4: 33-41.

Páez-Osuna, F. y Marmolejo-Rivas, C.

1990. Occurrence and seasonal variation of heavy metals in the oyster *Cassostrea iridesons*. *Bulletin of Environmental Research* 18: 43-59.

Parsons, T.R., Takahashi, M. y Hargrave, B.

1984. *Biological oceanographic processes*. 3rd Ed. Pergamon Press, Oxford. i-xii + 330 pp.

Peralta P., M. A.

1994. Variación morfométrica con respecto a la edad y al sexo en el cráneo de *Phocoena simus* Norris y McFarland, 1958. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala UNAM. 63 pp.

Pérez-Cortés M.,H.

1990. Comparación de la distribución geográfica y morfología externa de la vaquita (*Phocoena simus*) con las de los demás miembros de la familia phocoenidae. *En: Resúmenes XV Reunión Internacional para el estudio de los mamíferos marinos*. La Paz, B.C.S.

Pérez-Cortés M.,H. y Delgado E., A.

En prep. La ballena minke (*Balaenoptera acutorostrata*) en el norte del Golfo de California y notas sobre un ejemplar varado.

Pérez-Cortés M.,H., Silber, G.K. y Newcomer, M.W.

1989. Tursiones (*Tursiops truncatus*) Alimentándose en un Banco de Lodo en el Delta del Río Colorado. *En: Resúmenes XIV Reunión Internacional Para el Estudio de los Mamíferos Marinos*. La Paz, B.C.S., Marzo 28-31, 1989.

Pérez-Cortés M.,H., Polanco O.,A. y Fleischer, L.

En prep. Distribución y abundancia del delfín común *Delphinus capensis* en la región central y norte del Golfo de California.

Perrin, W.F., Warner, R.R., Fiscus, C.H., y Holts, D.B.

1973. Stomach contents of porpoise, *Stenella spp.*, and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in mixed-species aggregations. *Fishery Bulletin*. 71(4):1077-1092.

Read, A.

1990. Estimation of body condition in harbour porpoises, *Phocoena phocoena*. *Can. J. Zool.* 68:1962-1966.

1990. Reproductive seasonality in harbour porpoises, *Phocoena phocoena*, from the Bay of Fundy. *Can. J. Zool.* 68:284-288.

1990. Age at sexual maturity and pregnancy rates of harbour porpoises *Phocoena phocoena* from the Bay of Fundy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 561-565.

Read, A. y Gaskin, D.E.

1990. Changes in growth and reproduction of harbour porpoises, *Phocoena phocoena*, from the Bay of Fundy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 2158-2163.

Recchia, C.A. y Read, A.J.

1989. Stomach contents of harbour porpoises, *Phocoena phocoena* (L.), from the Bay of Fundy. *Can. J. Zool.* 67:2140-2146.

Ridgway, S. H.

1972. Homeostasis in the aquatic environment, Chapter 10: 590-747. *En:* S.H. Ridgway (ed.) *Mammals of the Sea -Biology and Medicine*, Springfield, Ill., C. C. Thomas Publisher. i-xiii + 747 pp.

Robins, C.R.

1962. Studies on Fishes of the family ophidiidae VII. The Pacific Species of Lepophidium. COPEIA, 1962 No 3, Sept. 28.

Robinson, M.K.

1973. Atlas of montly mean sea surface and subsurface temperatures in the Gulf of California, México. *Mem.* 5, 97 pp., San Diego Soc. Nat. Hist., Sandiego, CA.

Robles, A., Vidal, O. y Findley, L.T.

1987. La totoaba y la vaquita. *Inf. Cient. y Tecnol.* vol 9. (124):4-6.

Roden, G.I.

1963. Oceanographic aspects of the Gulf of California. *En:* Van Andel. T.H. y G.G. Shor. (eds. 1964) *Marine Geology of the Gulf of California, a symposium*. The American Association of Petroleum Geologists, U.S.A. pp. 30-58.

Roden, G.I.

1963. Oceanographic aspects of the Gulf of California. *En:* Van Andel. T.H. y G.G. Shor. (eds. 1964) *Marine Geology of the Gulf of California, a symposium*. The American Association of Petroleum Geologists, U.S.A. pp. 30-58.

Roden, G.I. y Groves, G.W.

1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Marine Res. Jour.* 18(1):131-229.

Román-Rodríguez, M.J.

1990. Alimentación de *Totoaba macdonaldi* (Gilbert)(Pisces: Sciaenidae) en la parte norte del Alto Golfo de California. *Ecológica* 1(2): 1-9.

Rusnak, G.A., Fisher, R.L. y Shepard, F.P.

1964. Bathymetry an faults of Gulf of California. *En: T.H. van Andel y G.G. Shor Jr. (Eds.) A symposium, Marine Geology of the Gulf of California.* Scripps Institution of Oceanography, University of California memoir 3.

Santa-Maria-del-Angel, E., Alvarez-Borrego, S. y Müller-Karger, F.E.

1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *Jour. of Geophysical Research.* 99(4):7411-7421.

Shane, S.H., Wells, R.S., y Würsig.

1986. Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: a review. *Marine Mammal Science*, 2(1):34-63.

Shannon, C.E. y Weaver, W.

1963. *The mathematical theory of communication.* Univ. Illinois Press, Urbana.

Silber, G.K.

1988. Recent Sightings of the Gulf of California Harbor Porpoise, *Phocoena simus*. *J. Mamm.*, 69(2):430-433.

1990a. Distributional relations of cetaceans in the northern gulf of california, with special reference to the vaquita, *Phocoena simus*. Ph. D. Thesis. i-xviii + 145 pp.

1990b. Ocurrence and distribution of the vaquita *Phocoena simus* in the northern Gulf of California. *Fishery Bulletin*, U.S. 88:339-346.

1991. Acoustic signal of the Vaquita (*Phocoena simus*). *Aquatic Mammals* 1991, 17.3,130-133.

Silber, G.K., Newcomer, M.W. y Barros, G.J.

1988. Observations on the behavior and Ventilation Cycles of the vaquita, *Phocoena simus*. *Marine Mamm. Science.*, 4:62-67.

Silber, G.K., Newcomer, M.W. y Pérez-Cortés M., H.

1989. Killer Whales (*Orcinus orca*) Attack and Kill a Bryde's Whale (*Balaenoptera edeni*). *Can. J. Zool.* 68: 1603-1606.

Silber, G.K. y Norris, K.S.

1991. Geographic and seasonal distribution of the vaquita, *Phocoena simus*. *Anales Inst. Biol. Univ. Autón México, Ser. Zool.* 62(2):263-268.

Silber, G.K., Newcomer, M.W., Silber, P.C., Pérez-Cortés M., H. y Ellis, G.M.

1994. Cetaceans of the Northern Gulf of California: Distribution, Ocurrence, and Relative Abundance. *Marine Mammal Science* 10(3):283-298.

Thomson, D.A.

1969a. Tidal currents and general circulation in the northern Gulf of California. *En*: D.A. Thomson, A.R. Mead, J.R. Schreiber, Jr., J. A. Hunter, W.F. Savage and W.W. Rinne (eds.). *Environmental impact of brine effluents on Gulf of California*. U.S. Dept. Interior, Office of Saline Water, Res. And Dev. Prog. Rep. No. 387, pp. 51-55.

Thomson, D.A.

1969b Resume of site visits to the El Golfo de Santa Clara Region. *En*: Thomson, D.A. y A.R. Mead. (eds.) *Environmental Impact of Brine Effluents on Gulf of California*. US Dept. Interior, Office of Saline Water, Res. & Dev. Prog. Rep. No. 387. pp. 104-109.

Thomson, D.A. y McKibbin, N.

1976. *Gulf of California Fishwatchers's Guide*. Golden Puffer Press, Arizona. 75pp.

Thomson, D.A., Findley, L.T. y Kerstitch, A.N.

1987. *Reef Fishes of the Sea of Cortez*. The University of Arizona Press. Tucson, AZ. U.S. 302 pp.

Turk, P.J., Boyer, R., Villa-R., B. Silber, G., Barros, W., Castro-C., A., Corona-C., A., Corona-C., M., Esqueda-C., R., Meza-T., M., Morales-N., O., Newcomer, M., Pérez-A., C., Pérez-Cortés, H., Rios-A., A., Rios-T., C., Sánchez-G., M., y Torres-M., L.

1986. Avistamientos de mamíferos marinos durante dos cruceros simultaneos en la parte norte del Golfo de California, Febrero 18-21 de 1986. XI Reunión Internacional sobre mamíferos marinos. SOMEMMA Resúmenes.

Tovilla Hernández, C.

1991. Golfo de California, oceanografía física. pp. 495-500. *En*: G. de la Lanza Espino (De.) *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT editor. i-xii + 569 pp.

Turk Boyer, P.J. y Silber, G.K.

1989. Estimate of vaquita, *Phocoena sinus*, mortality in gillnet fisheries in the northern Gulf of California, México. IWC Symposium on Mortality of Cetaceans in Passive Fishing Nets and Traps. La Jolla, California, Oct.20-21, 1990.

Vidal, O., Aguayo, A., Findley, L., Robles, A., Bourillón, L., Vomend, I., Turk, P., Gárate, K., Maroñas, L. y Rosas, J.

1987. Avistamientos de mamíferos marinos durante el crucero "Guaymas I" en la región superior del Golfo de California, primavera de 1984, p. 7-35 *En*: *Memoria X Reunión Internacional sobre Mamíferos Marinos*, 24-27 de Marzo de 1985, La Paz, Baja California Sur. pp. 1-196.

Vidal, O.

1990. Population biology and exploitation of the vaquita, *Phocoena sinus*. Documento SC/42/SM24, presentado al Comité Científico de la IWC/CBI, en su Reunión Anual en Noordwijkerhout, Holanda, Junio 1990 (no publicado) 30 pp.

1991. *Catalog of osteological collections of aquatic mammals from México*. NOAA Technical Report NMFS 97. U.S. Department of Commerce. 36pp.

1993. Aquatic mammal conservation in Latin America: Problems and perspectives. *Conservation Biology* 7(4):778-795.

1995. Population biology and incidental mortality of the vaquita, *Phocoena sinus*. pp.247-272. En: A. Bjørge y G.P. Donovan (eds.) *Biology of the Phocoenids. Rep. int. Whal. Commn* (special issue 16). i-x + 552 pp.

Vidal, O., Brownell Jr., R.L. y Findley, L.T.

1995. VAQUITA *Phocoena sinus* Norris and McFarland, 1958. En: R.J. Harrison and S.M. Ridgway (eds.). *Handbook of Marine Mammals Volume 6, Dolphins and Porpoises*.

Vidal, O., Findley, L.T. y Leatherwood, S.

1993. Annotated checklist of the marine mammals of the Gulf of California. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*. No. 28. 16pp.

Villa-R. B.

1976. Report on the status of *Phocoena sinus*, Norris & McFarland 1958, in the Gulf of California. *Anales Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx.*, 47 Ser. Zool. (2):203-208.

1978. Especies Mexicanas de Vertebrados Silvestres raras o en peligro de extinción. *Anales Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx.*, 49 Ser. Zool. (1):303-320.

1994. Vaquita. En: Instituto Nacional de la Pesca (ed.) *Pesquerías relevantes de México, especies sujetas a protección especial*. Universidad de Colima, México. (publicado en CD-ROM).

Villa-R., B., Paez-Osuna, F. y Pérez-Cortés M., H.

1993. Concentraciones de metales pesados en el tejido cardíaco, renal y hepático de la vaquita, *Phocoena sinus*. Norris & McFarland (Mammalia: Phocoenidae). *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México*. Ser. Zool. 64(1):61-72.

Villa-R., B., Peralta P., M.A. y Delgado-E., A.

En pre. Description of the Third Metacarpal Axial Process in the Pectoral Fins of *Phocoena sinus*.

Villa-R., B. y Pérez-Cortés M., H.

En pren. Mamíferos marinos del Mar de Cortés. En: V. Arenas (de.) *Mar de Cortés . . . Reserva Milenaria.*

Wells, R.S., Würsig, B.G. y Norris, K.S.

1981. Un Reconocimiento de los mamíferos marinos en el alto Golfo de California, México. VI Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. U.A.B.C.S., La Paz, B.C.S., México 53 pp.

Werth, A.J.

1989. Evolution of suction feeding and head shape in odontocetes.: Abstracts 8th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Pacific Grove, California, Dec. 7-11, 1989 pp.72.

Würsig, B.

1986. Delphinid Foraging Strategies. pp.347-359. En: R.J. Schusterman, J.A. Thomas y F.G. Wood (eds.). *Dolphin Cognition and Behavior: a Comparative Approach.* Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. London

Yáñez-Arancibia, A.

1986. Ecología de la zona costera. AGT Editor, México. i-xvii + 189 pp.

Yáñez-Arancibia, A., Curiel-Gómez, J. y Yáñez, V.L. de

1976. Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthus caeruleus* (Günther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pisces: Ariidae). *Anales Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. Méx.* 3(1):125-180.

Yáñez-Arancibia, A. y Sánchez-Gil, P.

1988. Ecología de los recursos demersales marinos. AGT Editor, México. i-xviii + 228 pp.

Zavala-González, A., Urbán-Ramírez, J. y Esquivel-Macias, C.

1994. A note on artisanal fisheries interactions with small cetaceans in México. pp.235-237. En: W.F. Perrin, G.P. Donovan y J. Barlow (eds.) *Gillnets and Cetaceans. Rep. int. Whal. Commn* (special issue 15). i-x + 629 pp.

ESTA TESIS NO PUEDE
SALIR DE LA BIBLIOTECA