

RESUMEN

Por medio del método de transecto lineal utilizando lancha, y la colecta de animales varados en las playas, se contribuyó al conocimiento de la distribución de la vaquita *Phocoena sinus*; además, se llevaron al cabo investigaciones sobre la anatomía y crecimiento de los animales de esta especie por medio de las técnicas de transparencia, limpieza con derméstidos, determinación de edad por conteo de capas de dentina y craneometría. Se corroboró, a través de los avistamientos, la presencia de la vaquita en las cercanías de Rocas Consag; todos los varamientos se realizaron en la parte norte del Estado de Sonora, en las cercanías del Golfo de Santa Clara. Se obtuvo una estimación preliminar de la densidad poblacional de 0.42 vaquitas/km². Con base en la información aquí obtenida y en otros registros, se confirma que esta especie se encuentra en la parte norte del Golfo de California durante todo el año; también se ha observado que sigue existiendo una mortalidad considerable a causa de las redes agalleras. Se tienen datos anatómicos muy importantes como es la presencia de un sexto dedo en las aletas pectorales, así como algunas características relacionadas con la edad y el sexo. Sobre su crecimiento y Biología reproductiva se tienen datos y de la presencia de metales pesados en muestras de tejido de corazón, riñón e hígado se encontraron niveles por debajo del límite de detección de la técnica utilizada; con excepción del Cadmio, los demás metales (Cu, Mg, Fe y Zn) mostraron niveles de concentración mayor en el tejido hepático.

ABSTRACT

Through the use of line transects on boats, contributions to the knowledge of vaquita *Phocoena sinus* distribution were made. Sightings made confirm the presence of vaquita near Rocas Consag. Stranded individuals were collected for anatomical, morphometric, and age estimation studies. All the stranded animals were collected in the north of Sonora, near El Golfo de Santa Clara. Estimated density was 0.42 vaquitas/km². Information from this work and from previous references indicate that this species is present in the northern part of the Gulf of California all the year. It was observed that the incidental catch in gillnets is still high. Important anatomical data have been reported: the presence of a six digit in the flippers, and some characteristic related to age and sex. Some data are reported about its development and reproductive biology. Heavy metals concentrations (Cu, Mg, Fe and Zn) were low in the heart, liver and kidney, with exception of Cadmium. The highest concentration of these metals were observed in liver.

*Laboratorio de Mastozoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México A.P. 70-153, 04510, México, D. F.

Introducción

En el estudio de los seres vivos es común que, aun en la actualidad, se sepa muy poco de su Biología, distribución y abundancia, incluso en organismos que se describieron científicamente por Linneo a finales del siglo XVIII; a partir de esta consideración, es de esperarse que se tenga información muy escasa de especies descritas durante la primera mitad de este siglo o aun más recientemente; dentro de este último caso se encuentra la vaquita (*Phocoena sinus*), que fue descrita por Norris y McFarland en 1958. Esta primera descripción se basó únicamente en las características craneales y tuvieron que pasar más de 25 años para que se conocieran ejemplares completos, en donde se señalan aspectos osteológicos (Magatagan *et al.*, 1984), patrones de coloración y morfología externa de machos y hembras maduros así como de crías (Brownell *et al.*, 1987). Hasta estas primeras descripciones se conocía muy poco de su biología. Otros aspectos como su distribución y abundancia se han investigado sólo hasta finales de los ochenta y principio de los noventa; hay algunas estimaciones de su abundancia (Silber, 1991; Gerrodette *et al.* com. pers), y se ha llegado a la conclusión de que la población actual se restringe a la parte más norteña del Golfo de California y no sobrepasa los 500 individuos.

Este artículo pretende dar a conocer los avances que se han logrado en el laboratorio de mastozoología del Instituto de Biología, UNAM, acerca de la biología de *P. sinus*, dando especial atención a los aspectos anatómicos,

44

Publicación obtenida del CD-ROM de la Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 1938-1997. (Registro III, 800 - III, 870 en cd equivalente a páginas 163-172).

de historia natural y ecología, así como aportar evidencias que ayuden a confirmar cuál es la distribución espacio-temporal actual de la especie.

AREA DE ESTUDIO

El área del norte del Golfo de California comprende desde el delta del Río Colorado a la parte norte de la Isla Angel de la Guarda; se caracteriza por aguas someras (<2 00 m), gran turbidez, alta salinidad, altos rangos de amplitud de marea y fuertes corrientes. De acuerdo con el cambio significativo de agua entre esta región y el Golfo Central, altas temperaturas y bajos niveles de precipitación, especialmente en verano, originan mayor salinidad en el Alto Golfo (Alvarez Borrego, 1992). Las aguas que son ocupadas por la vaquita, que se extienden en profundidad de 10 a 60 m, incluyen el área de Puertecitos, Baja California a Puerto Peñasco, Sonora (Barlow, 1986; Brownell, 1986; Silber, 1990; Vidal, 1990; Silber y Norris, 1991).

La combinación de aguas someras, alta radiación solar y mínima precipitación, dan como resultado temperaturas superficiales que fluctúan enormemente tanto diaria como estacionalmente (Silber, 1990). En el área la temperatura diaria de la superficie del mar lejos de la costa puede ser de 8° en invierno y 33° en verano (Alvarez Borrego *et al.*, 1975). Silber y Norris (1991) suponen que la aleta dorsal, relativamente grande y el pequeño tamaño del cuerpo de *P. sinus* son adaptaciones para sobrevivir en esas aguas con elevada temperatura.

Las vaquitas parecen usar esta región durante todo el año, como se sugiere por avistamientos obtenidos en la primavera y el otoño en las mismas localidades (Silber y Norris, 1991).

Para conocer la distribución y abundancia de las vaquitas y, en general, de los mamíferos marinos en el área de estudio, se realizaron recorridos a bordo de lanchas (15 y ocasionalmente 23 pies) con motor fuera de borda (25 y ocasionalmente 125 HP), siguiendo el método de transecto lineal (con recorridos en zig-zag perpendiculares a la costa), ya que Buckland (1987), Hiby y Hammond (1987) y Delgado (1991) recomiendan este método cuando se trabaja con cetáceos costeros. En la zona cercana a la Isla Rocas Consag se hicieron circunavagaciones y se realizaron recorridos radiales hacia los cuatro puntos cardinales para cubrir mejor el área (Figuras 1 a 3).

Otra parte del trabajo de campo consistió en la realización de recorridos por las playas, para registrar varamientos (Fig.4). Cuando se encontró algún ejemplar muerto, se procedió a tomar los datos del varamiento de acuerdo con lo recomendado por Norris (1961). Además, dependiendo del estado de descomposición, se colectaron los animales completos para su traslado en congelación hasta la Ciudad de México, o bien, si sólo se encontraba el esqueleto, se colectó para ser depositado; en ambos casos pasaron a formar parte de la Colección Mastozoológica del Instituto de Biología de la UNAM (IBUNAM).

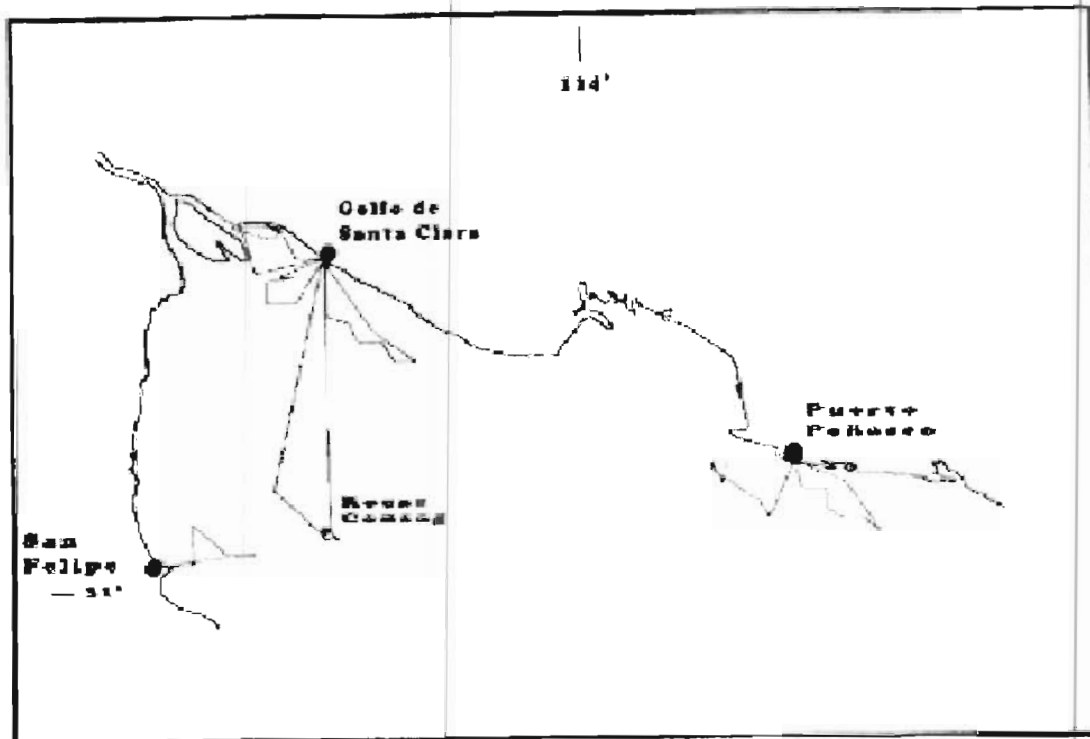


Figura 1. Mapa de los transectos efectuados en el norte del Golfo de California durante el otoño de 1992

Resultados

Durante el otoño de 1992 e invierno de 1993 se efectuaron tres campañas de investigación en la parte norte del Golfo de California. Se tuvieron 114.5 horas de navegación con el fin de observar individuos de vaquita, con un recorrido de 112.29 km² (Fig. 1); por tierra se buscaron restos de vaquita en aproximadamente 270 km de playa, en las áreas de Puerto Peñasco y Golfo de Santa Clara, Sonora y San Felipe, Baja California. Las características de los varamientos se describen en la Tabla 1. Con este material se han efectuado diferentes trabajos sobre los aspectos anatómicos, como la primera descripción de la osteología de la aleta pectoral de la vaquita y el descubrimiento de un proceso axial en el tercer metacarpiano (Villa *et al.* en prensa), trabajo que fue completado posteriormente por Ortega Ortiz (1993). También se realizó un estudio sobre la variación morfométrica en cráneo con respecto a la edad, en el que se pudo llegar a inferir tiempos de gestación y madurez sexual de las hembras y temporadas de mayor número de nacimientos (Peralta Pérez, 1994). Un trabajo más describe la musculatura craneal y cervical (Escatel Luna, 1994).

Otra aportación al conocimiento de su anatomía es la presencia de cierto grado de heterodoncia, que no se presenta en el resto de las especies de cetáceos, lo que puede dar indicios de una especialización para la captura y manejo de sus presas y, en general, de la adaptación a las características ambientales de la zona (Peralta Pérez, en prensa). Aún está en análisis la preferencia de presas, por lo que se sabe, su alimento consiste básicamente de peces, calamares y algunos crustáceos (Pérez Cortez, en prensa).

Durante la campaña otoño-invierno de 1993, única en que se avistaron vaquitas, se navegó en esfuerzo sistemático de búsqueda durante dos horas 40 minutos por 23.3 km. La temperatura superficial varió entre 14.4 °C y 17.2 °C. Se tuvieron tres avistamientos (Tabla 2), en el primero se observaron tres animales, de los cuales uno era pequeño, aunque por el tamaño aparente no era una cría recién nacida, el segundo avistamiento fue un adulto solitario, al que se le pudo observar una marca en la aleta dorsal probablemente causada por una red de monofilamento y, en un último avistamiento se observaron dos adultos que saltaron totalmente fuera del agua en dos ocasiones. Las distancias de los avistamientos fueron: menos de 20 m, menos de 50 m y alrededor de 70 m respectivamente lo que hace confiable la identificación de la especie.

Las condiciones del mar fueron óptimas para avistar mamíferos marinos, en particular para *Phocoena sinus*, con un estado de mar de cero a uno en la Escala de Beaufort; el reflejo del sol únicamente impidió la visión en 5 % del área durante los dos primeros transectos y quedó a espaldas de los observadores en el tercero. La temperatura superficial del agua en los puntos de avistamiento fue de 17.7 °C y 16.6 °C. El mamífero marino más cercano a las vaquitas fue el lobo marino (*Zalophus californianus*), se registraron también tursiones (*Tursiops truncatus*) delfines comunes de rostro largo (*Delphinus capensis*) y un balaenoptérido no identificado. Había aves presentes en la zona, principalmente gaviotas del género *Larus*, *L. heermanni* y alcatraces *Sula leucogaster* y algunos pelicanos *Pelecanus occidentalis*, todos en un solo grupo; se vieron petreles *Oceanodroma melania* muy cerca de los dos primeros avistamientos. El número de animales avistados respecto a la distancia navegada promedia 0.47 individuos/km².

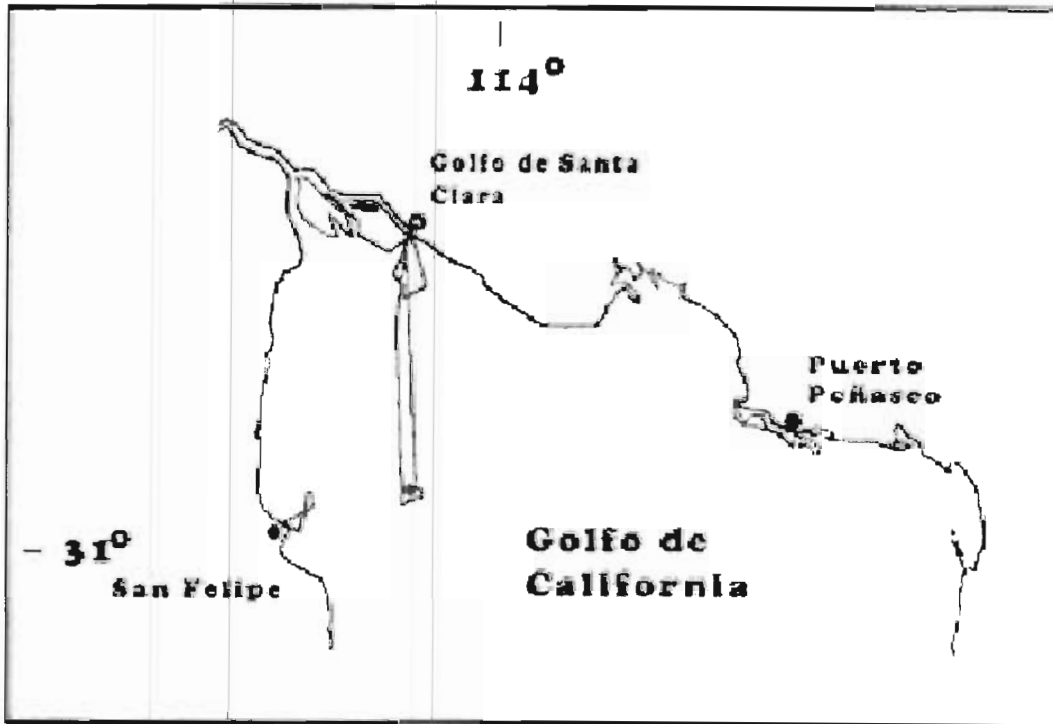


Figura 2. Mapa de transectos en el norte del Golfo de California en el verano de 1993

El registro de individuos de vaquita confirma, en parte, la restricción en la distribución a la zona norte del Golfo de California, en especial a la del Golfo de Santa Clara, y complementa con otros avistamientos y avistamientos su presencia a lo largo de todo el año en dicha zona. La pequeña área geográfica en que se distribuye está influida por amplias mareas y fuertes corrientes y vientos. Estos fenómenos llevan el proceso de surgencias que ocurren, de acuerdo con Maluf (1983), al centro del alto Golfo en invierno y a lo largo de las costas en el verano Silber (1990) sugiere que la presencia de estas condiciones en torno de la isla Rocas Consag, que por si misma puede propiciar surgencias, favorece también la presencia de *P. sinus* en el área. Se ha informado de algunos avistamientos más al sur, frente a Puertecitos, Baja California (Barlow *et al.*, 1993). Aun considerando que el uso de buques de investigación es muchas veces más cómodo, se demuestra que con el tipo de embarcación que se utilizó es factible llevar a cabo, de manera eficiente las estimaciones poblacionales de vaquita.

La densidad de individuos calculada para la última campaña está fuertemente influida por la pequeña área que se revisó, en la que se tuvo un alto número de avistamientos.

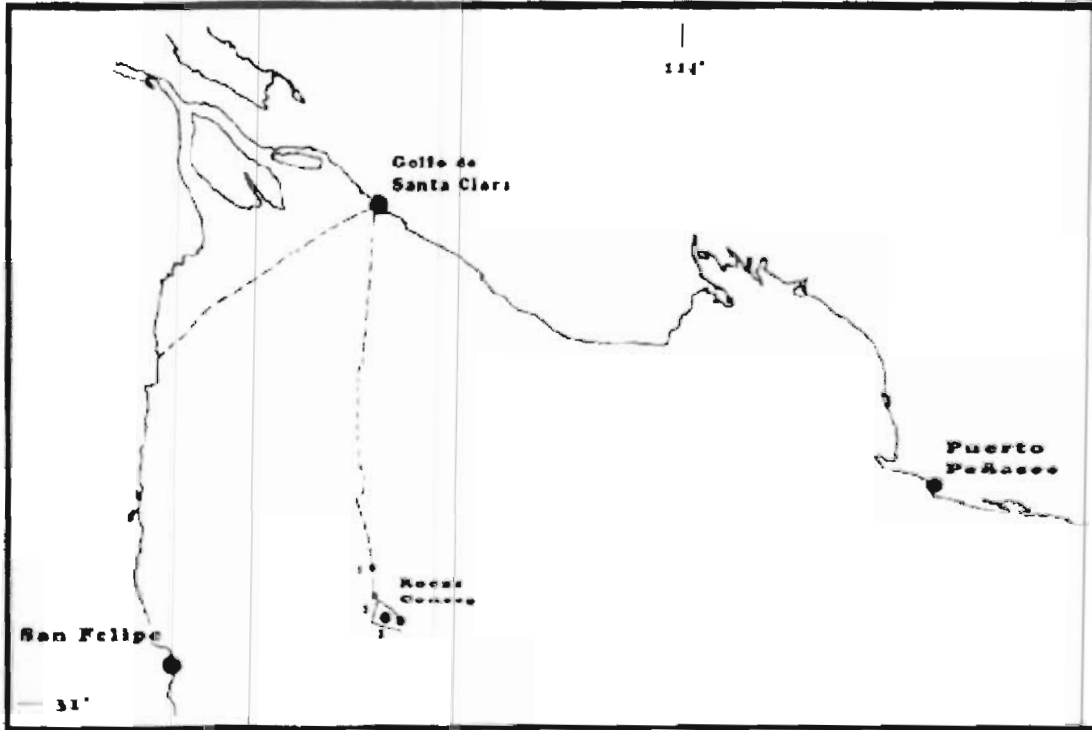


Figura 3. zona que se exploró únicamente en el otoño de 1993 y transectos efectuados en el norte del Golfo de California; los puntos numerados junto a los transectos ubican los avistamientos de *Phocoena sinus*

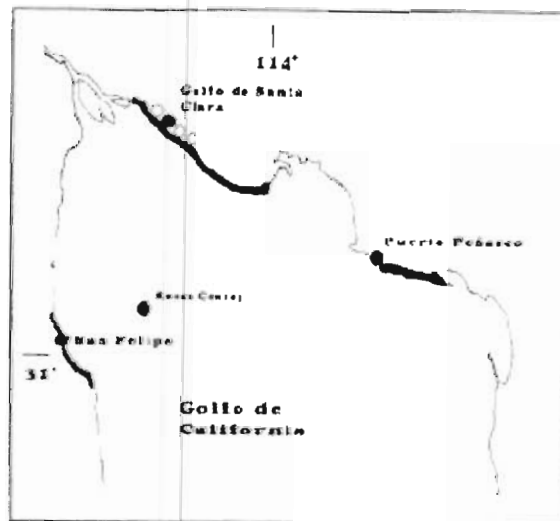


Figura 4. Ubicación de los puntos de colecta de *P. sinus* (puntos vacíos) y zonas recorridas en las playas (líneas gruesas) durante todas las campañas

En lo referente a las contribuciones en los aspectos biológicos de la vaquita se han logrado avances notables, pues hasta ahora es el único registro dentro de los cetáceos e incluso dentro de los miembros

de la familia Phocoenidae, que tiene un proceso óseo como el descrito en las aletas pectorales y presenta dentición heterodonta, aspectos que los convierten en rasgos diagnósticos de gran relevancia evolutiva; el análisis de esta información podría dar una idea de las relaciones evolutivas entre las marsopas y cómo pueden influir los procesos de aislamiento y reducción de variabilidad genética en una población.

En este caso, la revisión estacional de las playas en su área de distribución ha sido de gran ayuda ya que de estos ejemplares se ha obtenido la mayor parte de los datos biológicos. Como se deduce de los resultados de esta investigación, es posible obtener una gran cantidad de información de la especie, no obstante disponer de poco material en colecciones, un ejemplo de esto es el estudio sobre el contenido de metales pesados en tejido efectuado por Villa *et al.* (1993)

Tabla 1. Datos y medidas de los ejemplares varados de vaquita (*P. sinus*), registrados en el Golfo de Santa Clara, Sonora

Phocoena sinus ?

Localidad: Sonora 8 km SE del Golfo de Santa Clara, Mpio. San Luis Río Colorado. 28-Mayo-1993.

Longitud total 128 cm.
Distancia entre:Punta del rostro-inserción anterior de la aleta pectoral: 25 cm.
Punta del rostro-inserción posterior de la aleta pectoral: 30 cm.
Punta del rostro-inserción anterior de la aleta dorsal: 61 cm.

Condiciones de varamiento: El animal ya estaba en estado avanzado de descomposición con gran parte del abdomen descarnados y con larvas de insectos. La piel que recubría la cabeza estaba seca. Se encontró como a 20 metros ante línea de pleamar. Fue colectado por personal del ITESM Guaymas con número de catálogo: CDB-930528.

Phocoena sinus ?

Localidad: Sonora 10 km al SE del Golfo de Santa Clara, Mpio. San Luis Río Colorado. 28-Mayo1993.

Longitud total: 103 cm.
Distancia entre:Punta del rostro-inserción anterior de la aleta pectoral: 25 cm.
Punta del rostro-inserción posterior de la aleta pectoral: 31cm.
Punta del rostro-ojo: 16 cm.
Punta del rostro-orificio respiratorio: 20 cm.
Punta de l rostro-oído : 20 cm.
Dimensiones de la aleta pectoral izquierda:
Inserción anterior parte distal (punta): 20 cm.
Inserción posterior-parte distal (punta): 15 cm.
Ancho máximo: 7 cm.

Condiciones de varamiento: Animal descompuesto con algunas zonas ya secas, abdomen con orificios. Estómago perforado completo. Se encontró poco antes de la máxima línea de pleamar. No. Cat. IBUNAM-35176. No. Colector A. Delgado-E. 1

Phocoena sinus (macho)

Localidad: Sonora 0.5 km NO Golfo de Santa Clara, Mpio. San Luis Río Colorado. 27-Nov-1993.

Condiciones de varamiento: Totalmente descompuesto, esqueleto fraccionado, sin aletas pectorales, estómago completo seco. La zona está dentro del delta del Río Colorado. No. Cat. IBUNAM-37901. No. Colector M.A. Peralta-R 13.

Tabla 2. Datos de avistamientos de *Phocoena sinus* del día 29 de noviembre, durante la campaña de otoño-invierno de 1993

Hora	# vaquitas	Posición	Temp °C	Nub. %	Rumbo	Beaufort
------	------------	----------	---------	--------	-------	----------

A4

14:20	3	31° 12.65'N114° 30.42'O	16.7	20	149	1
14:53	1	31° 09.56' N114° 28.01'O	17.3	20	149	0-1
15:27	2	31° 06.92'N114° 27.79'O	16.6	20	149	1

Conclusiones

Se ha corroborado la presencia de *P. sinus* durante todo el año en la parte norte del Golfo de California y más específicamente en las cercanías de Rocas Consag, lo cual confirma que es el cetáceo con el área de distribución más reducida a nivel mundial.

El número de ejemplares recuperados indica que la captura incidental de esta especie sigue ocurriendo en la actualidad, ya que el uso de las redes agalleras (luz de malla de 15 a 30 cm) es común en la captura de especies de tiburón y otros peces en la zona; aunado a esto, las estimaciones poblacionales de otros autores demuestran el grave peligro en que se encuentra esta especie, por presentar un tamaño poblacional tan reducido.

Las características anatómicas de la *Phocoena sinus* indican que la especie ha estado sufriendo procesos de adaptación al medio de gran interés para el conocimiento de la evolución de los cetáceos.

Dedicatoria

A la memoria de la inolvidable amiga y colega, Dra. Leonila Vázquez García, con quien el primer autor de este trabajo compartió, por muchos años, la fascinante búsqueda del conocimiento de la biota mexicana en los dilatados horizontes de México. Tierra y mar, flora y fauna fueron escenarios y protagonistas de nuestro trabajo de campo. En sus manos las mariposas se hicieron plenitud de belleza y verdad.

Agradecimientos

Estas investigaciones se llevaron al cabo gracias al valioso apoyo del Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Pesca. El sincero agradecimiento por su valiosa ayuda y hospitalidad durante las estancias en CEDO (Pto. Peñasco, Sonora), a Peggy Turk Boyer. Durante el desarrollo de los trabajos de campo se contó con la colaboración de Héctor Pérez Cortés, Reyna García Loredo, Elena Escatel Luna, Joel G. Ortega y Alejandro Sánchez. Por su ayuda y hospitalidad durante las estancias en el Golfo de Santa Clara, Sonora a Carlos Assaf y a los pescadores José Luis Rivera "chiruli" y Marco Antonio "La Muerte". Estas investigaciones se incluyen en los trabajos del Comité técnico para la preservación de la Vaquita y la Totoaba. La colecta de ejemplares estuvo amparada por el permiso No. 2275 otorgado por la Secretaría de Pesca.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Borrego, S., P., Flores Báez y L.A. Galindo Bect, 1975. Hidrología del Alto Golfo de California II. Condiciones durante invierno, primavera y verano. *Cienc. Mar.*, 2: 21-36.
- Álvarez-Borrego, S., 1992. Upper Gulf of California, the small habitat of the Vaquita dolphin (*Phocoena sinus*). Sixth Conference in the UC-MEXUS Series, Critical Issues in U.S. Mexico Relations Current Crises in Marine Mammal Manegement: U: S: and Mexican Perspectives, La Jolla, CA.9 p.

- Barlow, J., 1986. Factors affecting the recovery of *Phocoena sinus*, the Vaquita or Gulf of California harbor porpoise. NMFS/ swfc Admin. Rep. LJ-8637. 19p.
- Barlow, J., L. Fleischer, K. Forney y O. Maravilla-Chávez, 1993. An experimental aerial survey for vaquita (*Phocoena sinus*) in the northern Gulf of California, México. Marine Mammal Science, 9(1): 89-94.
- Brownell, R.L. Jr., 1986. Distribution of the vaquita, *Phocoena sinus*, in mexican waters. Mar. Mamm. Sci., 2: 299-305.
- Brownell, R.L. Jr., L.T. Findley, O. Vidal, A. Robles y S. Manzanilla N., 1987. External morphology and pigmentation of the vaquita, *Phocoena sinus* (Cetacea: Mammalia). Mar. Mamm. Sci., 3: 22-30.
- Buckland, S.T., 1987. Métodos para la estimación de abundancia de mamíferos marinos. CIAT. 62 p.
- Delgado Estrella, A., 1991. Algunos aspectos de la ecología de las toninas (*Tursiops truncatus*, Montagu 1821), en la Laguna de Términos y Sonda de Campeche, México. Tesis licenciatura, Biología. ENEP Iztacala, UNAM. 148 p.
- Escatel Luna, R.E., 1995. Estudio de la musculatura craneal y cervical de la vaquita *Phocoena sinus*, Norris y McFarland, 1958 (Cetacea: Phocoenidae). Tesis licenciatura, Biología. ENEP Iztacala, UNAM. 70 p.
- Gerrodette, T., 1994. Estimate of population size for the vaquita, *Phocoena sinus*. en prensa.
- Hiby, A.R. y A.S Hammond, 1987. Survey techniques for estimating current abundance and monitoring trend in abundance of cetaceans. Sea Mammals Reserarch Unit c/o British Antarctic Survey. 69 p.
- Magattagan, M.D., E.H. Boyer y L. Villa-R., 1984. Revisión del estado de guarda *Phocoena sinus* Norris and McFarland y descripción de tres nuevos ejemplares. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool., 55: 271-294.
- Maluf, L.Y., 1993. The physical oceanography. p. 26-45. In: T.J. Case and M.L. Cody (Eds.). Island Biogeography in the Sea of Cortés Univ. of California Press, Berkeley.
- Norris, K.S. y W.N. McFarland, 1958. A new harbor porpoise of the Genus *Phocoena* from the Gulf of California. Jour. Mamm., 39: 22-39.
- Norris, K.S., 1961. Standarized methods for measuring and recording data on the smaller cetaceans. Jour. of Mamm., 42: 447-476.
- Ortega Ortiz, J.G., 1993. Descripción osteológica de la aleta pectoral de la vaquita *Phocoena sinus* (Cetacea: Phocoenidae). Tesis de licenciatura, ENEP Iztacala UNAM. 46 p.
- Peralta-Pérez, M.A., 1994. Variación morfométrica con respecto a la edad y al sexo en el cráneo de *Phocoena sinus* Norris y McFarland, 1958. Tesis de licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. 63 p.
- Peralta Pérez, M.A. (en prensa). Heterodoncia en cetáceos: el caso de *Phocoena sinus*.
- Pérez- Cortés Moreno H. (en prensa). Contribución al conocimiento de la Biología de la vaquita, *Phocoena sinus*. Tesis de maestría en Oceanografía Biológica. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UACP y P-CCH, UNAM, México.
- Secretaría de Marina, 1983. Carta S.M. 603 parte norte del Golfo de California. Esc. 1: 639400
- Silber, G.K., 1990. Distributional relations of cetaceans in the Northern Gulf of California, Special Reterence to the Vaquita, *Phocoena sinus* Ph. D. Diss., Univ. of California, Santa Cruz. 145 p.
- Silber, G.K., 1991. Acoustic signals of the vaquita (*Phocoena sinus*). Aquatic mammals, 17(3): 130-133
- Silber, G.K. y K.S. Norris, 1991. Geografic and seasonal distributions ot the vaquita, *Phocoena sinus*. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. México. Ser. zool., 62: 263-268.
- Vidal, O, 1990. Population biology and the exploitation of the vaquita, *Phocoena sinus*. Rep. to the IWC, June,

Amsterdam.

Villa-R., B., F. Páez-Ozuna y H. Pérez-Cortés M., 1993. Concentraciones de metales pesados en los tejidos cardíaco, hepático y renal de la vaquita *Phocoena sinus*. Norris and McFarland, 1958 (Mammalia: Phocoenidae). An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. México. Ser. zool., 64(1): 61-72