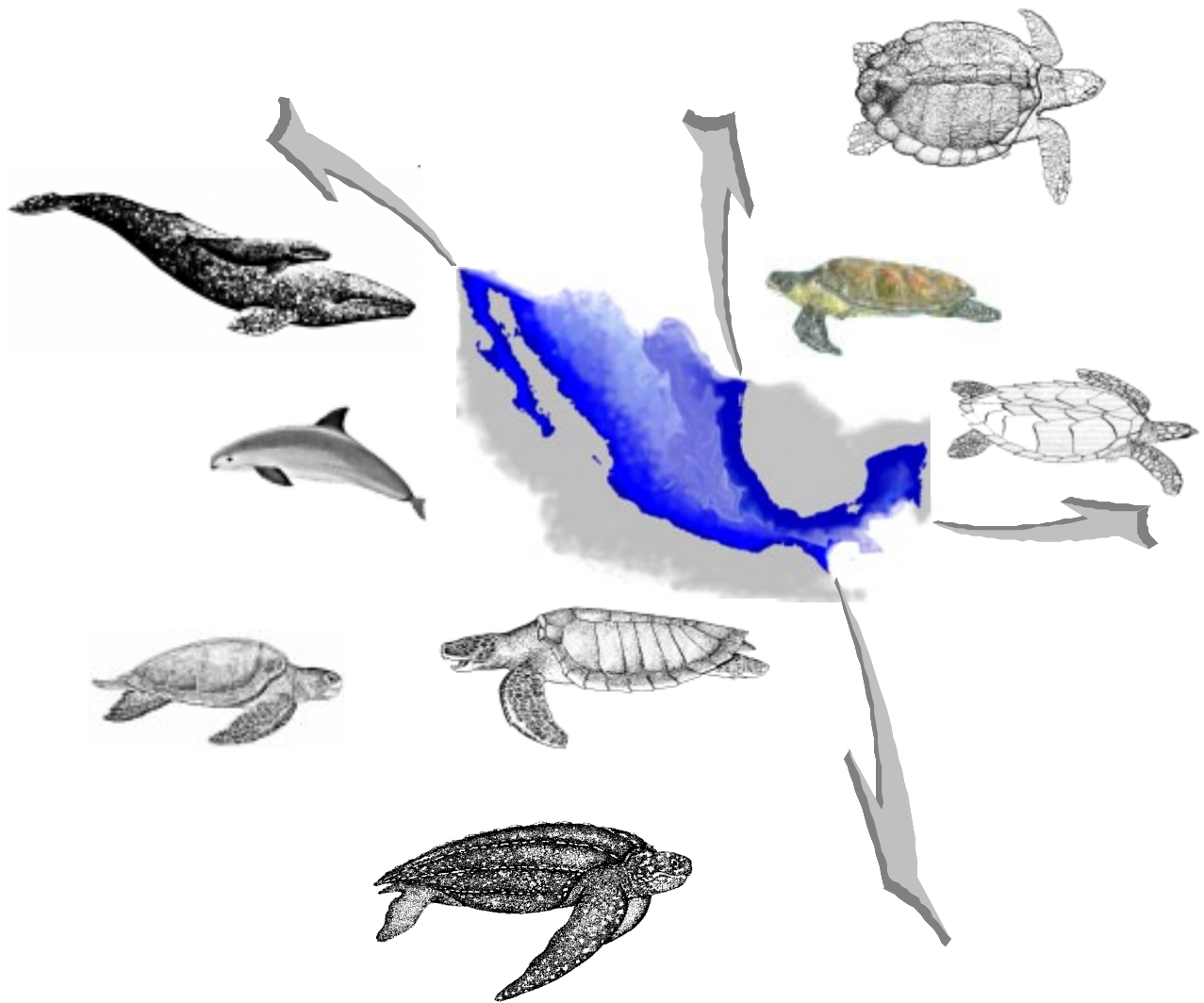


Especies sujetas a protección especial



vaquita marina

vaquita

vaquita marina

vaquita

marina

vaquita marina

vaquita
marina

vaquita marina

vaquita marina

vaquita

Vaquita
marina

vaquita marina
vaquita marina

**Vaquita
marina**

vaquita

marina

vaquita marina

BREVIARIO SOBRE LA PROTECCION DE LA VAQUITA MARINA

ESPECIES: Vaquita marina (*Phocoena sinus*).

- Es el único mamífero marino endémico de México, distribuido exclusivamente en la parte norte del Golfo de California.
- Es una especie relativamente nueva, descrita apenas en 1958 por Norris y MacFarland y 27 años después pudo ser descrita su morfología externa.
- Es el cetáceo más pequeño, alcanzan 150 cm las hembras y 145 cm los machos de longitud máxima.
- La distribución de edades es bimodal con el 62% de individuos entre 0 a 2 años, el 31% entre 11 a 16 años y el resto entre los 7 y 10 años.
- Se considera una especie históricamente poco abundante y probablemente CON una distribución restringida.
- Es difícil de observar por las características de su hábitat, por la fracción de tiempo que pasa en superficie y su conducta esquiva.
- Especie susceptible de ser atrapada en redes agalleras por la actividad pesquera.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Especie en protección especial. Se estimó una abundancia de 567 individuos en 1997.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Se estimó tamaño poblacional por medio de Transectos lineales.

ESTADO DEL RECURSO

- Especie en peligro de extinción.

MEDIDAS DE PROTECCION

- Creación de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, veda total a la pesca de totoaba y prohibición de redes agalleras mayores de 10 pulgadas. NOM-059-ECOL-1994. Creación del Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Proteger y recuperar a la especie y su hábitat.

VAQUITA MARINA

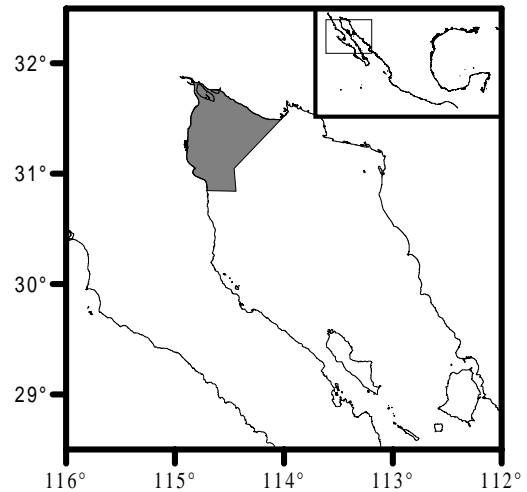


Phocoena sinus

EL RECURSO:

IMPORTANCIA

La vaquita es el único mamífero marino endémico de aguas mexicanas con distribución exclusivamente en la parte más norteña del Golfo de California. Es también el único miembro de la Familia Phocoenidae que habita en aguas subtropicales y, probablemente, el más pequeño de los cetáceos.



La vaquita es el único mamífero marino endémico de aguas mexicanas con distribución exclusivamente en la parte más norteña del Golfo de California

Se considera que la vaquita es una de las dos especies de pequeños cetáceos en mayor peligro de extinción en el mundo (el otro es el baiji, *Lipotex vexillifer*, un delfín de río de China). Está clasificada dentro de las categorías más críticas de especies amenazadas: en el *Apéndice I* de la Convención Internacional para el Tráfico de Especies en Peligro de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 1997); como *Críticamente Amenazada* por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN – *The World Conservation Union*); y en Peligro de Extinción por la Norma Oficial Mexicana (D.O.F.16/05/94). En 1996 la IUCN consideró que la vaquita, como especie *Críticamente Amenazada*, podría extinguirse a menos que los esfuerzos de recuperación se incrementen substancialmente.

BILOGÍA

La vaquita es probablemente el cetáceo marino más pequeño. Las hembras alcanzan una longitud de 150 cm y los machos de 145 cm (en promedio las hembras maduras miden 141.6 cm y los machos maduros 135.9, a partir de los especímenes reportados por Vidal, 1995). Físicamente es semejante a la marsopa común (*Phocoena phocoena*), pero los apéndices de la vaquita son mayores (Fig. 1). Las aletas pectorales son proporcionalmente más largas y más cóncavas en su margen anterior; la aleta dorsal es más alta, menos triangular, con el margen anterior ligeramente convexo y más largo que el anterior recto o ligeramente cóncavo. La vaquita es robusta, lo que se aprecia en las proporciones de sus circunferencias transversales. De perfil la cabeza asemeja un cono truncado, con la parte posterior del melón inclinándose hacia abajo en dirección a las fosas nasales. Anteriormente, el melón se inclina abruptamente hacia la punta del rostro. El patrón de pigmentación es gris oscuro dorsalmente, con campos laterales

La vaquita es probablemente el cetáceo marino más pequeño. Físicamente es semejante a la marsopa común, pero los apéndices de la vaquita son mayores

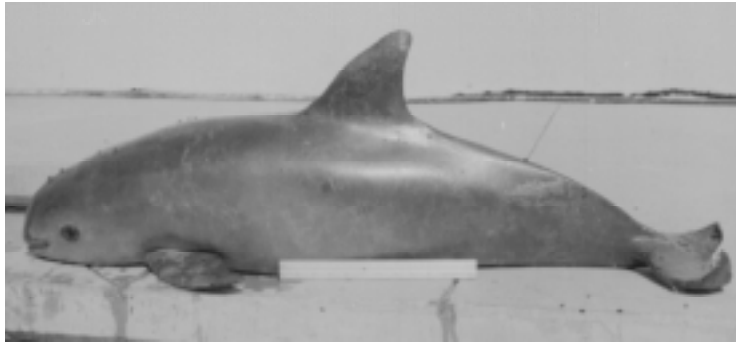


Fig. 1. Fotografía de un ejemplar de vaquita. Un macho inmaduro de 105 cm de longitud total (el objeto de referencia tiene una longitud de 30 cm). Se puede notar la mancha negra alrededor del ojo izquierdo y la coloración oscura que bordea a los labios. También se puede apreciar la magnitud de la aleta dorsal.

gris claro y blanco ventralmente. Las características más conspicuas son los parches negros alrededor de los ojos y los labios (Brownell *et al.*, 1987).

La distribución de edades es bimodal con 62% de los individuos entre cero y dos años y el 31% entre 11 y 16 años de edad

El único trabajo publicado hasta la fecha que describe en detalle la historia de vida de la vaquita es el de Hohn *et al.* (1996). El aspecto probablemente más llamativo es la ausencia de individuos entre los 3 y 6 años de edad. Es decir, la distribución de edades es bimodal con 62% de los individuos entre 0 y 2 años y el 31% entre 11 y 16 años de edad. Unos cuantos ejemplares se encuentran entre los 7 y 10 años. El individuo más viejo fue una hembra de 21 años.

Todos los individuos menores de tres años fueron sexualmente inmaduros, mientras que todos aquellos mayores de seis fueron maduros. Los nacimientos se registraron entre finales de febrero y principios de abril (Vidal, 1995; Hohn *et al.*, 1996).

La cantidad de especímenes examinados hasta la fecha es pequeña, pero todo parece indicar que la producción de crías es bianual.

A partir del análisis de contenidos estomacales se puede concluir que se trata de una especie no selectiva (Pérez-Cortés, 1996; Findley *et al.*, 1994).

▼ **Tendencias históricas**

Es prácticamente imposible determinar las tendencias históricas para una especie relativamente nueva como la vaquita. Esta marsopa fue conocida por la ciencia hasta 1958 cuando fue descrita por Norris y MacFarland (1958) y no fue hasta 27 años después que hubo suficientes muestras frescas para poder describir su morfología externa (Brownell *et al.*, 1987). Por lo tanto, en este inciso, se hace una revisión de la distribución y abundancia de la vaquita desde su descripción hasta la fecha.

La distribución de la vaquita es considerada por algunos autores como asunto no concluido, sujeto a discusión (Silber, 1990), mientras que otros consideran que no existen elementos para afirmar que su distribución esté restringida al Alto Golfo de California (Pérez Cortés, 1996), lo que podría indicar una población mucho mayor a la actual (Villa Ramirez, 1976). Sin embargo, no existen evidencias históricas sólidas que indiquen que esta marsopa haya estado presente al sur del Alto Golfo, a lo largo del litoral hasta las Islas Tres Mariás (21° 40' N; 109° 52' O) y Bahía de Banderas (Norris y MacFarland, 1958). Scammon (1874) mencionó haber visto marsopas tan al sur como Río Pinguito, Jalisco (20° 30' N) y

Nelson (1899 *En*: Norris y MacFarland, 1958) alrededor de las Islas Tres Marías y en bahías, bocas de ríos y lagunas a lo largo del macizo continental, formando grupos de 10 a 40 individuos.

Norris y McFarland (1958) y Norris y Prescott (1961) dieron a conocer avistamientos propios, así como de otros investigadores, al sur del Alto Golfo: en Bahía de Topolobampo, Sinaloa (25° 35' N; 109° 04' O), en San Carlos y Bahía de Bocochoibampo, Sonora; y en Bahía Concepción, Baja California Sur. Sin embargo, Norris y sus colaboradores consideraron dudosos algunos de estos avistamientos. Villa-Ramírez (1976) también reporta registros propios y de pescadores cerca de Bahía de Los Angeles y las islas de la cintura.

Sin embargo, Brownell (1986) descartó todos estos registros por falta de descripciones detalladas, por contener información confusa o inconsistente con lo que se sabía hasta esa fecha de la vaquita y otras marsopas (por ejemplo tamaño de grupo) y por falta de evidencias físicas (animales varados, restos óseos o fotografías). Adicionalmente concluyó que, hasta donde las evidencias lo indican, todo parece señalar que el rango histórico y actual de la distribución de vaquita está limitado al Alto Golfo de California. Esto convierte a la vaquita, probablemente, en el cetáceo marino con la distribución más restringida.

Vidal (1995) recopiló los registros confirmados de especímenes de vaquita hasta 1995 (que incluyeron registros osteológicos, especímenes que murieron atrapados en redes pesqueras y avistamientos de animales vivos). Además, recorrió ambas costas de la porción norteña del Golfo de California para obtener mayor información sobre la distribución de esta especie. No registró ni avistamientos ni ninguna otra evidencia física que señale la presencia de vaquita en estas aguas. También entrevistó a más de 30 pescadores, de los cuales sólo los del Alto Golfo estaban familiarizados con la vaquita. Silber (1990) sólo encontró un pescador que dijo haber visto vaquitas varias veces cerca de la Isla San José (25° 00' N; 110° 40' O). Este autor también reportó un par de avistamientos, por un investigador experimentado en mamíferos marinos, cerca de la Isla Cerralvo (24° 10' N; 109° 55' O). Aunque estos reportes no han sido confirmados, aún si fueran ciertos, su distribución podría ser el resultado de individuos aislados con una dispersión excepcional y no de una extensión del rango de distribución de la vaquita. Las evidencias obtenidas de toda esta información apoyan lo sugerido por Brownell (1986) en el sentido de que la vaquita se restringe a la parte alta del Golfo de California.

La conclusión de Brownell (1986) también fue apoyada por los resultados de dos cruceros de investigación publicados recientemente. Gerrodette *et al.* (1995), basados en avistamientos obtenidos durante censos poblacionales sistemáticos, reportaron que la distribución de la vaquita se encuentra concentrada en un área pequeña alrededor de las Rocas Consag. Durante un crucero diseñado específicamente para estimar la abundancia poblacional de la vaquita, llevado a cabo en 1997 y que cubrió un área mucho mayor que la cubierta por Gerrodette *et al.* (1995), únicamente se avistaron vaquitas en la región occidental del Alto Golfo (Jaramillo-Legorreta *et al.*, 1999).

Rojas-Bracho (1998) y Rojas-Bracho y Taylor (1999), utilizando modelos basados en el cambio de variabilidad genética en el tiempo e información sobre el desarrollo de la pesca en el Golfo de California, concluyeron que la vaquita ha sido una especie históricamente poco abundante y muy probablemente con una distribución restringida (ver el siguiente apartado sobre Abundancia).

La vaquita es extremadamente difícil de observar, debido a las características de su hábitat (la turbidez del agua), la fracción de tiempo que pasa en la superficie, la conducta esquiva y su forma azarosa de emerger (Silber y Norris, 1991; Barlow *et al.*, 1993). A pesar de estas dificultades, varios investigadores consideraban que estaba claro que se trataba de una población poco abundante. Su densidad se estimó entre 1.8 y 7.8 individuos en 1,000 Km lineales (Silber, 1990; Silber y Norris, 1991; Barlow *et al.*, 1993). Estas estimaciones, aunque diferentes, se consideran bajas si se comparan con las estimadas para la marsopa común en aguas de California central, E.U.A., que es de 47 individuos por cada 1,000 Km (Barlow, 1988). Barlow *et al.* (1997) estimaron el tamaño de la población de vaquita en 224 individuos para 1993 (C.V. = 0.39), cubriendo un área limitada alrededor de las Rocas Consag.

En un crucero que cubrió toda el área potencial de distribución de la vaquita, se estimó el tamaño poblacional en 567 individuos, con un intervalo de confianza del 95%

Del modelo de variabilidad genética del genoma mitocondrial de la vaquita, se plantean dos escenarios factibles: (1) la población de la vaquita siempre ha sido pequeña o rara, con un tamaño efectivo menor a 1,000 ó (2) es una población originada por un pequeño número de individuos (efecto fundador)

En el verano de 1997, se llevó a cabo un crucero conjunto entre México y los E.U.A., diseñado para estimar la abundancia de la vaquita, que cubrió toda el área potencial de distribución de esta especie. Se estimó el tamaño poblacional en 567 individuos, con un intervalo de confianza al 95% entre 177 y 1,073 (Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999; ver inciso sobre Manejo).

Taylor y Rojas-Bracho (1999) y Rojas-Bracho y Taylor (1999) modelaron la variabilidad genética del genoma mitocondrial de la vaquita, reportada por Rosel y Rojas-Bracho (1999). Una implicación importante del modelo utilizado por estos autores es que la fijación del único haplotipo encontrado, es compatible con la hipótesis de que la vaquita es una especie naturalmente rara. Es decir, una especie de tamaño poblacional relativamente pequeño desde sus orígenes. De acuerdo con estos trabajos existen dos escenarios factibles: (1) la población de la vaquita siempre ha sido pequeña o rara, con un tamaño efectivo menor a 1,000 ó (2) es una población originada por un pequeño número de individuos (efecto fundador). Bajo estos escenarios la fijación genética observada no es compatible con una población relativamente grande. Sin embargo, debido a la ausencia de información histórica apropiada, no es posible determinar cuál fue el tamaño original de la población.

▼ Pesca incidental

Aparentemente la vaquita es susceptible a enmallarse en redes agalleras durante las actividades pesqueras. Este fenómeno no es exclusivo de la vaquita, sino que es común entre varias especies de mamíferos marinos, en particular marsopas y delfines (Perrin *et al.*, 1994; Jefferson y Curry, 1994). Es probable que las capturas incidentales más grandes se hayan dado en redes de luz de malla grande (15 - 30.5 cm). Este tipo de redes se han utilizado para la captura de la totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Villa-Ramirez, 1976; Brownell, 1983; Vidal, 1995). Sin embargo, no hay datos suficientes para estimar los niveles de mortalidad histórica durante las operaciones pesqueras (Barlow, 1986). Brownell (1982) menciona la captura de 10 vaquitas en un día, a principios de los años setenta, y sugirió que la mortalidad incidental anual podría variar entre decenas y centenas de animales.

La vaquita es susceptible a enmallarse en redes agalleras, principalmente de luz de malla grande (15 - 30.5 cm), como las que se han utilizado para la captura de la totoaba

Vidal (1995) documentó, desde el principio de los años setenta, la muerte incidental de 166 vaquitas en redes agalleras. De estos registros, 128 cuentan con mucho detalle. Esta cantidad de registros se debe considerar mínima, pues no todas las vaquitas enmalladas son registradas y el esfuerzo de monitoreo específico para cuantificar la mortalidad incidental no ha sido continuo. De los 128 registros en detalle 65% corresponden a la pesquería (ilegal o experimental) de la totoaba, 28% a la pesquería de tiburones y rayas y 7% a las pesquerías de sierra y de arrastre para camarones. Si la mortalidad incidental de la vaquita en la pesquería de la totoaba ha sido similar en el pasado, el análisis de la mortalidad incidental histórica en redes agalleras para totoaba sólo podrá explicar una fracción de la mortalidad incidental total a la cual se ha visto sujeta la población de vaquita en el pasado. La explotación de la totoaba se inició a principio de los años veinte con arpón, línea y anzuelos y posteriormente con redes agalleras e, inclusive, explosivos. A principio de los años cuarenta se inició el uso de redes modernas de nylon de monofilamento (Flanagan y Hendrickson, 1976; Barlow, 1986; Ruiz-Dura, 1985; Oscar Pedrín INP, com. pers.). Las capturas más grandes de totoaba se dieron antes de 1956, con un pico en 1942 (2,261 t; Flanagan y Hendrickson, 1976). San Felipe, B.C., fue el puerto más importante para la pesca de totoaba, con el 40 - 50% de la producción. Le siguieron en importancia El Golfo de Santa Clara y Puerto Peñasco en el estado de Sonora (áreas con una aparente baja densidad de vaquitas). Después de 1967 la pesquería de totoaba decayó drásticamente y para 1975, cuando las capturas descendieron hasta 59 t, el gobierno de México la declaró en veda (Ramírez, 1967 en Avalos de Haro y Mathews, 1973; Flanagan y Hendrickson, 1976; Magatan *et al.*, 1984;

Ruiz-Durá, 1985). A pesar de esto, las capturas ilegales de totoaba continuaron cuando menos hasta 1994 (Vidal, 1995; D'Agrosa *et al.*, 1995),

Actualmente, la totoaba sigue siendo pescada ilegalmente, lo que no sólo representa un peligro para la vaquita, sino para la misma totoaba. Además, como se indicó anteriormente, la vaquita también muere incidentalmente en otras pesquerías que utilizan redes, como las dirigidas a capturar tiburón, sierra, curvina, chano y camarón (Brownell, 1982; Robles *et al.*, 1987; Vidal, 1995; Barlow, 1986; D'Agrosa, 1995; D'Agrosa *et al.*, 1995).

Aunque no existen estimaciones de mortalidad en redes de arrastre (Norris y Prescott, 1961; Brownell, 1982; Robles *et al.*, 1987; Vidal, 1995), esta mortalidad puede ser importante especialmente para las crías, ya que todas las vaquitas recuperadas de redes de arrastre, entre 1985 y 1992, probablemente fueron crías o juveniles (Vidal, 1995; Vidal *et al.*, 1999).

La mortalidad incidental puede ser importante especialmente para las crías, ya que todas las vaquitas recuperadas de redes entre 1985 y 1992 probablemente fueron crías o juveniles

Rojas-Bracho y Taylor (1999) llevaron a cabo un análisis de factores de riesgo para la supervivencia de la vaquita. Entre ellos revisaron y analizaron la información disponible sobre mortalidad incidental de esta especie. Datos indirectos, sobre mortalidad de vaquita en redes agalleras, están disponibles a partir de una pesquería experimental de totoaba (Fleischer, 1994). De 1983 a 1993 se hicieron 682 lances para pescar totoaba, en los cuales se registraron cuatro vaquitas muertas, lo que dio una estimación de tasa de mortalidad de 0.0058 vaquitas/lance. Sin embargo, Fleischer (1994) consideró este número como muy bajo y concluyó que la pesca incidental no debía presentar un riesgo importante para la vaquita. Una omisión importante fue el no haber calculado, con la tasa estimada, el número absoluto de vaquitas potencialmente capturadas por la pesquería comercial por año, extrapolando al número total de equipos operando en la región y al número de veces que es lanzada una red por año.

En vista de lo anterior, e integrando el esfuerzo pesquero, se utilizaron los mismos datos de Fleischer (1994) para calcular que la tasa de mortalidad de 0.0058 vaquitas por lance representa 58 vaquitas muertas/año si se supone que:

1. hubo una captura promedio de 910,000 Kg de totoaba por año entre 1935 y 1965, de acuerdo a las capturas históricas reportadas por Fleischer (1994);
2. aunque poco probable, la captura se mantuvo constante y cada lance rinde en promedio 89.5 Kg de totoaba. Esto permite estimar que hubieron aproximadamente 10,000 lances/año, suposición que concuerda con la estimación del esfuerzo pesquero de D'Agrosa (1995). Entonces, a pesar de que capturar vaquitas incidentalmente en redes agalleras es un evento relativamente raro, la mortalidad absoluta dada por el total de redes en operación se vuelve significativa (58 vaquitas/año) y cae dentro del intervalo de mortalidad incidental estimado por D'Agrosa (1995) para esta especie.

En un reporte sobre avances en la investigación de cetáceos de México (IWC, 1996) Fleischer hace referencia a un segundo estudio, aunque como en el caso anterior sin especificar el diseño del muestreo, en el cual se examinaron 632 lances en 1993 y no se capturaron vaquitas. Hay que hacer notar que en el estudio de 10 años (Fleischer, 1994) se reportaron cuatro vaquitas capturadas, sin ninguna estimación de precisión. Dado que la captura incidental de vaquita es un evento raro, es lo más recomendable que las estimaciones de mortalidad sean acompañadas de mediciones de precisión, de preferencia intervalos de confianza. La probabilidad de no observar capturas incidentales en los 632 lances del segundo estudio, dada la tasa de mortalidad del primer estudio de 0.0058 vaquitas/lance, es de 0.025 (suponiendo distribución binomial y que en cada lance exitoso se capturó sólo una vaquita), es decir una probabilidad baja y por tanto un evento no esperado. No está claro el por qué de este resultado, pero podría deberse a una estimación sesgada de la tasa de mortalidad durante el primer estudio debido a un bajo número de muestra. No se conocen los sitios en los que se efectuaron los lances experimentales, pero tal vez el segundo estudio haya sido efectuado en un área de poca densidad de vaquitas. En todo caso estos estudios dejan

entrever que el fenómeno de la mortalidad incidental de vaquita es aún poco conocido.

Un mayor tiempo fue aplicado en un estudio específicamente diseñado para estimar la mortalidad de vaquita (D'Agrosa, 1995; D'Agrosa *et al.*, 2000). Para este estudio se hicieron observaciones abordo de embarcaciones pesqueras (pangas) y se efectuaron entrevistas a pescadores en los sitios de arribo. El estudio se concentró en El Golfo de Santa Clara, Son., de enero de 1993 a abril de 1994. Como medida del esfuerzo pesquero se utilizó el número de viajes de pesca por día. Los datos fueron analizados dentro del marco de los modelos lineales generalizados. Once vaquitas murieron en 1,113 viajes pesqueros. Las vaquitas se enmallaron en redes agalleras con una luz de malla que varió de 7 a 15 cm. Los datos se separaron en dos categorías:

1. aquellos obtenidos únicamente por observadores a bordo de pangas
2. los combinados de entrevistas y de observadores

La estimación de mortalidad para la primera categoría fue de 84 vaquitas por año (I.C. 95%: 14 - 155). Para la segunda fue de 39 (I.C. 95%: 14 - 93). Una tasa de mortalidad incidental de entre 7 - 15% / año resulta si se utiliza la estimación más reciente del tamaño poblacional de 567 (Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999). Se conoce poco de la composición poblacional por sexos, edades y madurez de la vaquita, así como de las tasas de natalidad y otros parámetros de la dinámica poblacional, aunque se cuenta con un estudio basado en individuos capturados en redes, lo que debe estar introduciendo un sesgo (Honh *et al.*, 1996). En cálculos gruesos, los niveles de mortalidad calculados por D'Agrosa *et al.* (1995, 2000) deben estar, en el mejor de los casos, en cercano equilibrio con los eventos naturales que rigen el crecimiento de la población (natalidad y mortalidad). Esto quiere decir que cualquier aumento en el esfuerzo pesquero o cualquier evento que dañe el hábitat de la vaquita, podrá resultar en un decremento poblacional que lleve a la vaquita a niveles insostenibles y por tanto a la extinción.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Existen ocho asentamientos humanos dentro de la Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. De estos, El Golfo de Santa Clara y Puerto Peñasco en Sonora y San Felipe en Baja California son los más importantes en lo que a población y economía se refiere. De acuerdo al censo poblacional de 1990, se estima que viven cerca de 37,000 personas dentro de la Reserva. Aproximadamente el 21% (7,749) de la población total se encuentra empleada. El sector primario está constituido por el 77% (5,967) y a su vez, el 75% de este sector (4,475), recibe sus ingresos de la pesca. Se estima que en San Felipe, B.C., Puerto Peñasco y El Golfo de Santa Clara, Son., el número de pangas pesqueras (embarcación fabricada en fibra de vidrio de aproximadamente 8 m de eslora) es de alrededor de 700 y el número de barcos camaroneros de 100.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Han sido tomadas varias medidas dirigidas indirecta o directamente para la protección del ambiente y de la vaquita, por el Gobierno de México desde 1955. Dentro de las primeras se encuentran varios decretos que, aunque no erigidos con la vaquita en mente, desde mediados de este siglo protegen parte de su hábitat (para una revisión de estos ver: Programa de manejo 1. Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. SEMARNAP, 1995). Al considerar que el principal factor de riesgo para la vaquita son las redes agalleras, otras regulaciones relevantes para su conservación son: la veda total a la pesca de totaba en 1975 (ver la sección sobre "Mortalidad incidental") y la prohibición de redes agalleras con luz de malla mayor a 10 pulgadas (1992). También cabe mencionar la protección que se da

a todas las especies de mamíferos marinos (1991). De hecho, el artículo 420, fracción I del Código Penal, sanciona penalmente a quien de manera dolosa capture, dañe o prive de la vida a cualquier mamífero marino. El mismo artículo especifica sanciones a quien recolecte o comercialice con estas especies, o sus productos o subproductos.

De manera importante cabe resaltar la creación de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado en junio de 1993 (D.O.F., 1993; Fig. 2). Esta Reserva comprende áreas marinas y terrestres que se extienden más de 930,000 Ha. La zona núcleo cubre aproximadamente 168,000 Ha. A pesar de ser un logro importante, el caso particular de la vaquita presenta un problema serio que se debe resolver: 40% de la población de esta especie se distribuye al sur del límite sur de la Reserva (ver inciso Perspectivas).

Recientemente, el Gobierno de México creó el Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (CIRVA). Este Comité está integrado por investigadores de México, Estados Unidos, Canadá y el Reino Unido. El mandato de este comité es la creación de un Plan de Recuperación para la vaquita basado en la mejor evidencia científica posible. El plan debe considerar los aspectos socioeconómicos de cualquier regulación que afecte a los usuarios de los recursos de la región.

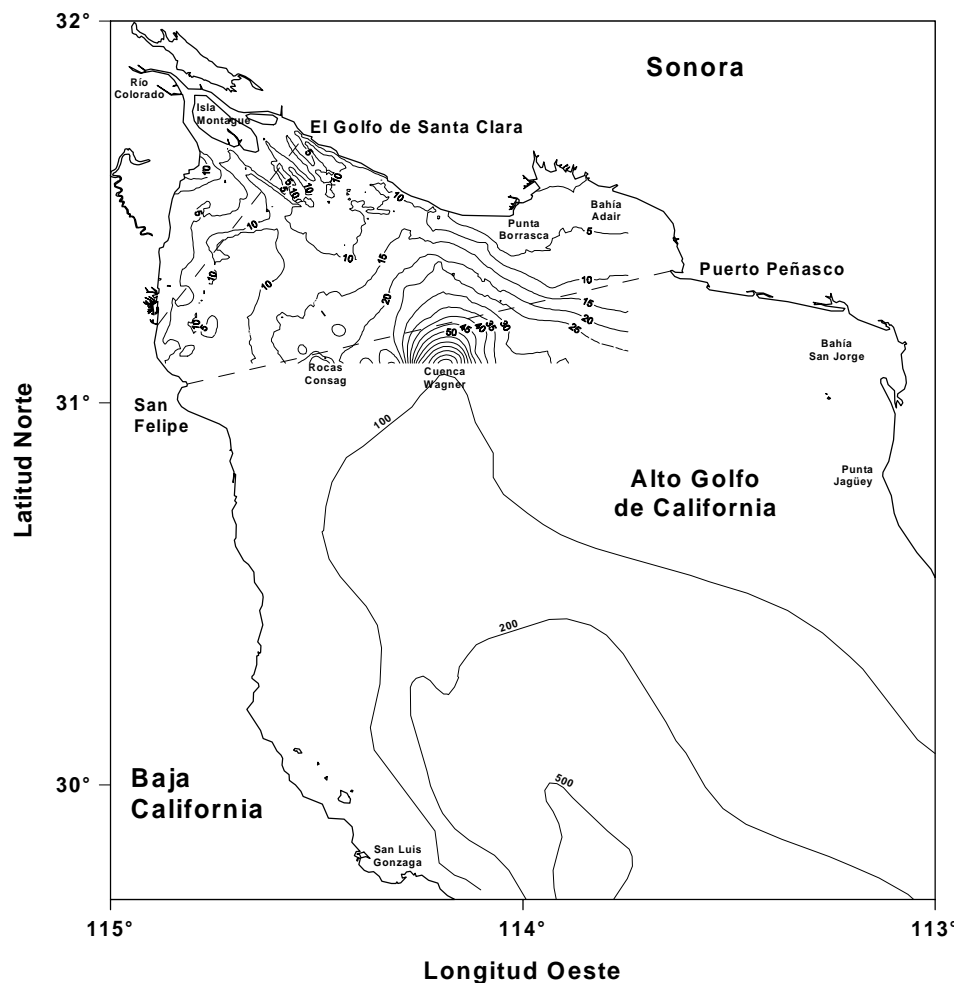


Fig. 2. Alto Golfo de California. La batimetría entre 0 y 80 m proviene del Instituto Nacional de la Pesca. El contorno costero y las isóbatas entre 100 y 500 m fueron extraídas de GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans Digital Atlas. British Oceanographic Data Centre. 1994). Las líneas discontinuas representan los límites acuáticos de la reserva de la Biósfera. La línea más al sur delimita la zona de amortiguamiento. La línea más al norte delimita la zona núcleo, que incluye al Delta de Río Colorado.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

La problemática de la vaquita planteaba, como punto de partida, la necesidad de obtener una estimación lo más precisa y exacta posible de la abundancia. Este atributo poblacional es, junto con otros datos disponibles, el punto de referencia que puede indicar si los niveles estimados de mortalidad incidental podrían ser soportados por la población. El análisis cuantitativo que se presenta a continuación es el recientemente publicado por Jaramillo-Legorreta *et al.* (1999).

▼ Información disponible

Durante agosto y septiembre de 1997 se efectuaron cruceros en la parte norte del Golfo de California, en colaboración entre el Instituto Nacional de Pesca (INP, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) y el Southwest Fisheries Science Center (NOAA, National Oceanic and Aquatic Administration, Department of Commerce). Se utilizaron tres embarcaciones, siendo la primaria el buque oceanográfico *David Starr Jordan* (DSJ) de la NOAA (52 m de eslora). Otro fue el buque de investigación BIP XI del INP (21 metros de eslora). La última embarcación fue una panga de fibra de vidrio, de 9 m de eslora, adaptada con una plataforma de aluminio de 3 m de altura (Panga).

El área de estudio fue estratificada con base en los conocimientos previos que sobre distribución y abundancia se tenían de esta especie (Brownell, 1986; Vidal, 1995; Gerrodette *et al.*, 1995; Barlow *et al.*, 1997; Fig. 3).

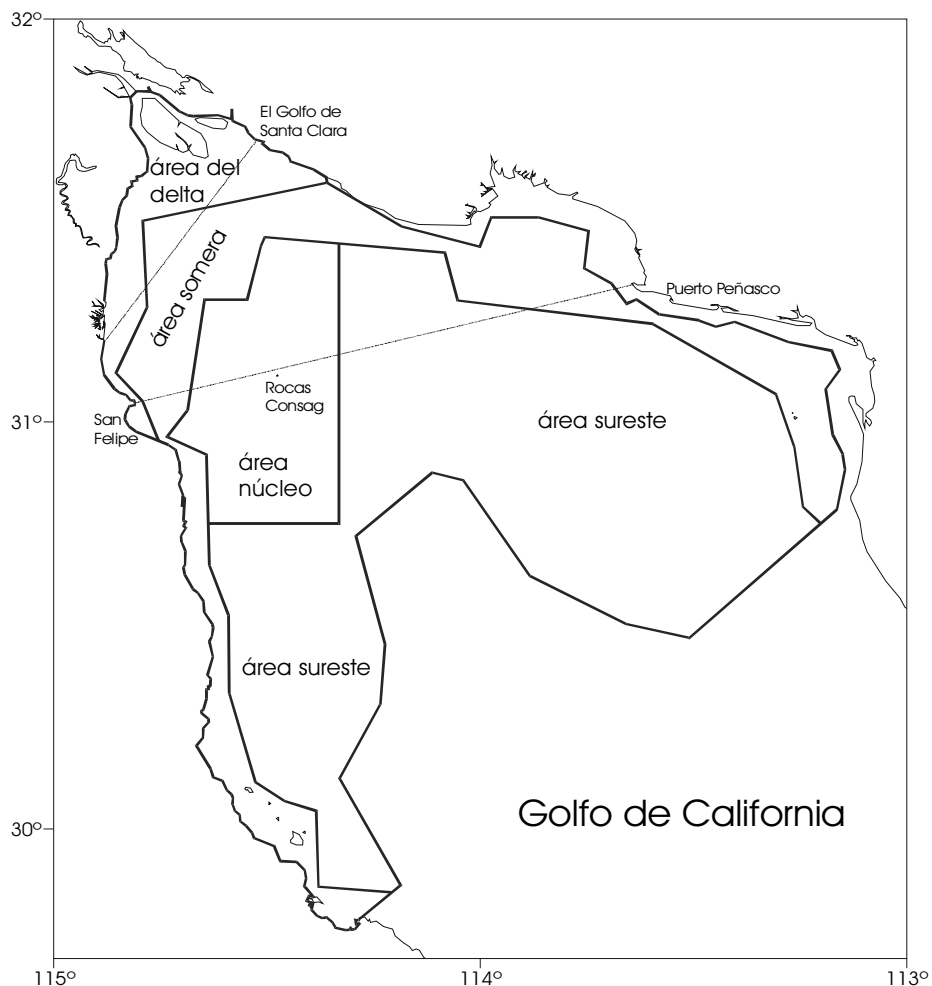


Fig. 3. Estratificación del área de estudio para la estimación de abundancia.

El muestreo se realizó siguiendo la metodología general de transecto lineal para la estimación de abundancia (*Distance Sampling*; Buckland *et al.*, 1993). Abordo del DSJ se contó con dos plataformas para el trabajo de dos grupos de observadores independientes, con el fin de estimar el componente probabilístico $g(0)$ del modelo de estimación (Buckland *et al.*, 1993). En la plataforma superior (*punte volante*) se instalaron tres binoculares 25x150 para el trabajo continuo de tres observadores. En la inferior (*punte*) tres o cuatro observadores usaron binoculares 10x50. Todos los binoculares contaron con retículas, las cuales se utilizaron para estimar la distancia entre el individuo o grupo detectado y el barco, que se convirtieron a distancia curvilínea. En el BIP y en la panga se utilizaron binoculares 10x50, también reticulados.

El DSJ cubrió el Área Nucleo y el Área Sureste (con las mayores profundidades). El BIP cubrió el Área Somera (en la cual no podría navegar el DSJ) y la panga cubrió el Área del Delta. Con este diseño, se aseguró un muestreo completo de las áreas potenciales de distribución de la población. El BIP también realizó algunos transectos en el Área Núcleo, con el fin de calcular parámetros probabilísticos para esta embarcación, con base en los calculados para el DSJ.

El DSJ efectuó 1,609 Km de esfuerzo. Se detectaron 110 grupos de vaquitas en el Área Núcleo y ninguno en el Sureste. Desde el *punte volante* se detectaron 101 grupos y 19 desde el *punte*. Los transectos seguidos y la posición de los avistamientos se muestran en la *figura 4*. Los transectos se navegaron bajo condiciones de Beaufort de cero a seis. Debido a la escasez de datos desde la plataforma del *punte* las estimaciones se basaron sólo en los datos del *punte volante*. Los avistamientos desde la primera plataforma, fueron utilizados sólo para la estimación de $g(0)$.

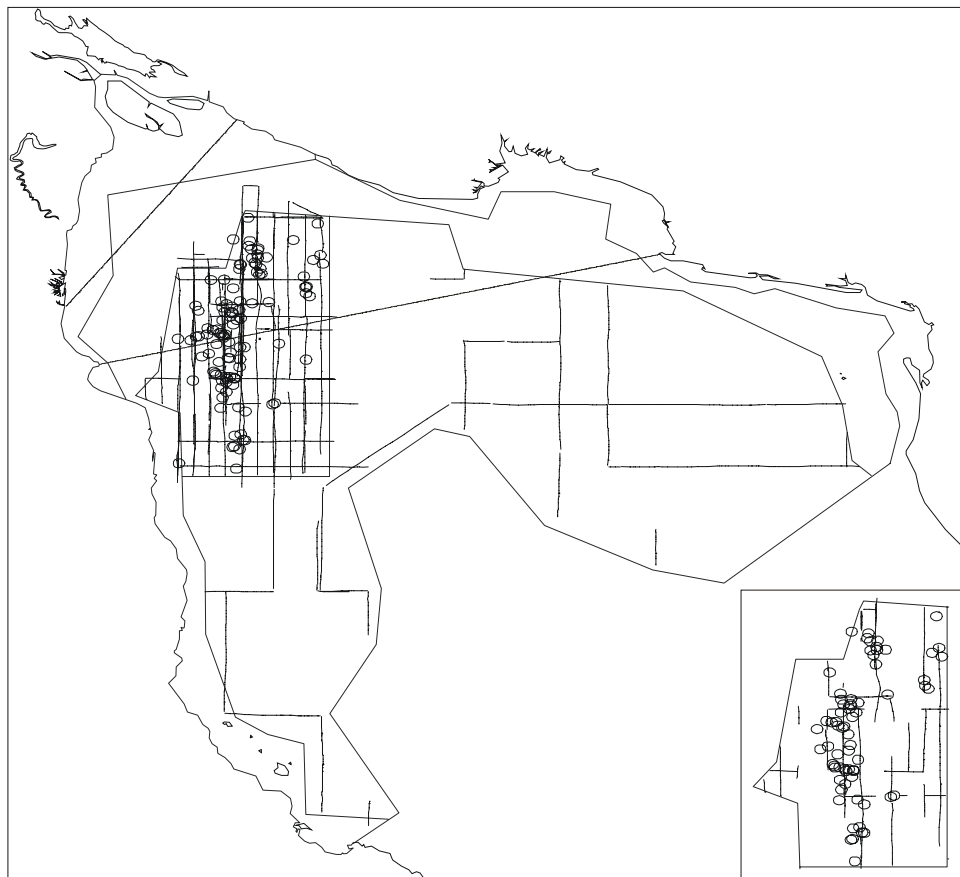


Fig. 4. Transectos y avistamientos efectuados por el DSJ. En el recuadro se presentan los avistamientos y transectos usados en el análisis.

El BIP navegó 1,065 Km en el Área Somera y 579 Km en el Área Núcleo. Se detectaron 12 grupos de vaquitas, 6 en el Área Núcleo y 6 en el Área Somera (Fig. 5). El BIP operó bajo condiciones de Beaufort de cero a cinco.

La Panga efectuó una parte del esfuerzo en aguas al norte de San Felipe y en los canales del Delta del Río Colorado entre las islas Montague y Pelicano (Fig. 5). Navegó 111 Km y ningún grupo fue detectado.

▼ **Modelo**

Para estimar el tamaño de la población de vaquita se utilizó el método de Transecto Lineal. El modelo se basa en el registro de distancias perpendiculares, respecto a una línea o transecto seguido en un área particular, de los animales u objetos detectados.

• **Planteamiento**

Se supone que cada objeto tiene una cierta probabilidad de ser detectado en función de su distancia perpendicular (Figura 6a). Teniendo un conjunto de varias distancias es posible ajustar una función de distribución que describa a las frecuencias de distancias perpendiculares (Fig. 6b). Suponiendo que todos



Fig. 5. Transectos y avistamientos efectuados por el BIP. En el recuadro se presentan los avistamientos y transectos usados en el análisis. Las líneas punteadas en el Área del Delta representan el esfuerzo efectuado abordo de la panga.

los objetos en la línea de curso del transecto tienen una probabilidad igual a uno de ser detectados, se podrá ajustar una función de distribución de probabilidad. Esta es llamada función de detección con la y se representa por " $g(x)$ ", donde x es la distancia perpendicular (Fig. 6b). Es por tanto, un supuesto fundamental del método, el que $g(0)$, la probabilidad de detección en la línea de curso del transecto, sea igual a uno, o que por lo menos se conozca su valor para cualquiera de las distancias en el ancho de banda w (Fig. 6c). El ancho de banda puede estar dado por la distancia perpendicular más grande del muestreo, por una distancia que trunque los datos más lejanos *a posteriori*, o por una distancia elegida *a priori*, más allá de la cual no se incluirían los objetos detectados.

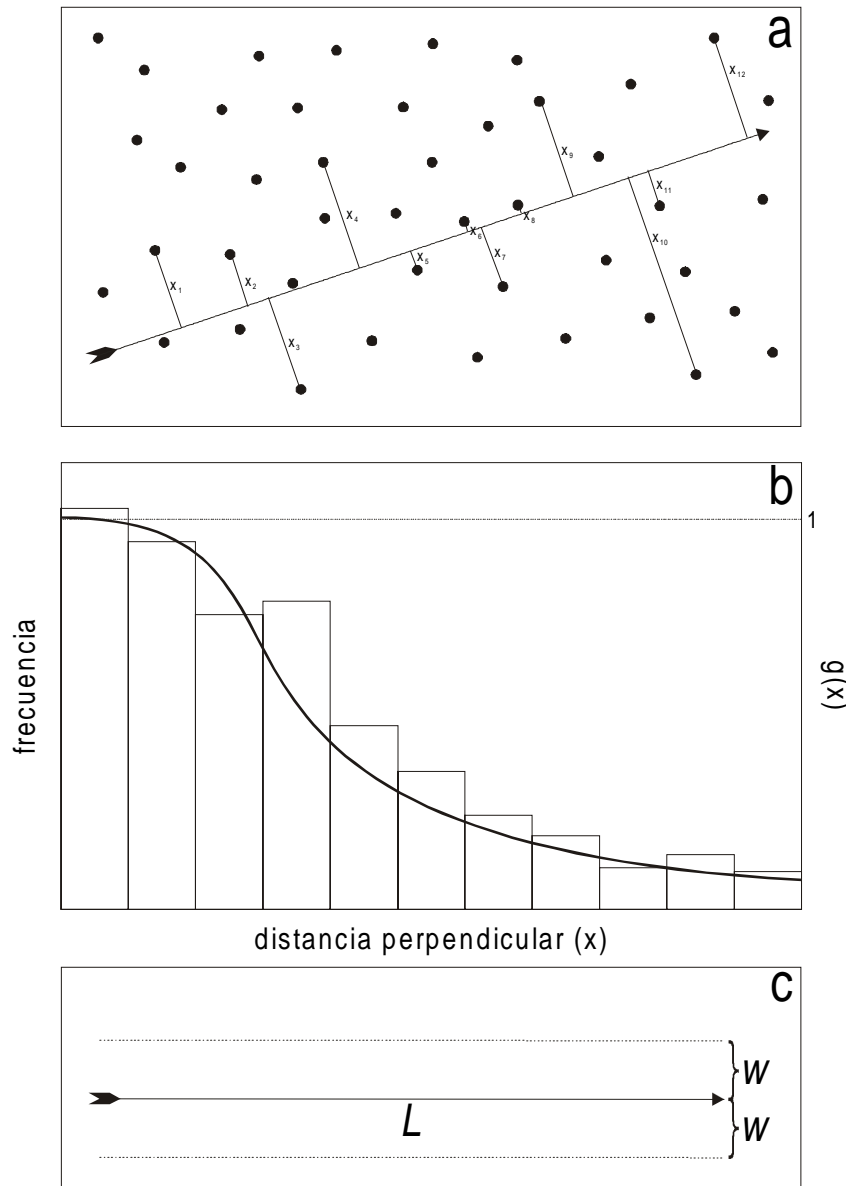


Fig. 6. Bases del método de transectos lineales. a) Se ubica al azar un transecto (flecha) . En el recorrido se mide la distancia perpendicular (x) al curso del transecto de los objetos detectados. En este caso se detectaron 12 objetos de los 44 presentes en el momento de recorrer el transecto. b) El conjunto de distancias perpendiculares de un muestreo se arreglan en histograma de frecuencias (barras). Parte fundamental del método es ajustar una función de probabilidad, $g(x)$, que se ajuste adecuadamente a las distancias. c) El método estima la densidad en un área igual a $2L w$, donde w es la mitad del ancho total de la banda muestreada.

El área bajo la curva de $g(x)$, dividida entre w , representa la probabilidad de detectar objetos en todo el ancho de la banda (P), es decir, la integral de la función desde cero hasta el objeto más lejano o hasta la distancia w de truncado. La probabilidad de detección en todo el ancho de banda es utilizada en el modelo para estimar el número de objetos que no fueron detectados durante el muestreo. Teniendo un número n de objetos detectados, una distancia total ensayada L , y un ancho de banda w , se puede calcular la densidad en el área como:

$$D = \frac{n}{2 L w} \dots\dots\dots(1)$$

El número 2 como divisor representa el hecho de que se muestrea a ambos lados del punto de observación, es decir, se cubren dos bandas paralelas (Fig. 6c). Esta fórmula representa la densidad en el caso de que todos los objetos presentes hayan sido detectados. Al incluir en esta misma la probabilidad calculada previamente, la podremos corregir a la densidad real, la cual incorpora la estimación de los objetos presentes pero no detectados:

$$D = \frac{n}{2 L w P} \dots\dots\dots(2)$$

A partir de $g(x)$ se puede obtener la función de densidad de probabilidad $f(x)$ con sólo reescalar $g(x)$ como:

$$f(x) = \frac{g(x)}{\int_0^w g(x)dx} \dots\dots\dots(3)$$

Esta función, evaluada en cero, resulta ser el inverso de la integral de la función de detección bajo el supuesto de que $g(0) = 1$, de manera que el cálculo de densidad puede quedar como:

$$D = \frac{n f(0)}{2 L} \dots\dots\dots(4)$$

Ahora bien, cuando los objetos detectados son grupos, como en el caso de la vaquita, se debe incluir en el modelo una estimación del tamaño esperado de los grupos, $E(s)$, de forma que se estime la densidad de individuos. La formula quedaría entonces como:

$$D = \frac{n f(0) E(s)}{2 L}$$

Generalmente no se puede sostener el supuesto de que $g(0) = 1$, por tanto se debe estimar su valor e incluirlo en el modelo:

$$D = \frac{n f(0) E(s)}{2 L g(0)} \dots\dots\dots(5)$$

El procedimiento para obtener una estimación de los parámetros probabilísticos para el BIP, se basó en la estimación de densidad y tamaño de grupo hecha por el DSJ en el Área Núcleo, para el cual la densidad se calculó como:

$$D_{DSJ} = \frac{n_{DSJ} f(0)_{DSJ} E(s)_{DSJ}}{2 L_{DSJ} g(0)_{DSJ}} \dots\dots\dots(6)$$

donde el subíndice DSJ indica que el parámetro fue estimado con datos del DSJ en el Área Núcleo. Ahora bien, si el BIP realizó transectos en el Área Núcleo es razonable suponer que al tiempo de efectuarlos la densidad y el tamaño de grupo eran cercanos a los estimados por el DSJ. Bajo este supuesto se obtuvo el “término de probabilidad” [f(0) / g(0)] despejando de la fórmula anterior y substituyendo la tasa de encuentro (n / L) por la obtenida por el BIP en el Área Núcleo:

$$\left(\frac{f(0)}{g(0)} \right)_{BIP} = \frac{L_{BIP} 2D_{DSJ}}{n_{BIP} E(s)_{DSJ}} \dots\dots\dots(7)$$

Suponiendo que el proceso de detección a bordo del BIP opera de manera similar en el Área Núcleo y en el Área Somera, es posible utilizar el término de probabilidad para estimar la abundancia en la última, que es la zona dedicada al BIP:

$$D_{AS} = \frac{n_{AS} E(s)_{AS}}{2 L_{AS}} \cdot \left(\frac{f(0)}{g(0)} \right)_{BIP} \dots\dots\dots(8)$$

donde el subíndice AS indica que el parámetro fue estimado para el Área Somera.

• **Supuestos**

Para que el modelo brinde estimaciones insesgadas se requiere de cumplir con tres supuestos:

1) La probabilidad de detectar objetos en la línea de curso del transecto o en las inmediaciones es uno, es decir g(0) = 1. Dado que no se pudo cumplir con este supuesto, la alternativa fue calcular su valor. Este no puede ser estimado a partir de los datos de distancia, debe ser obtenido de experimentos independientes.

En el DSJ se operó bajo el esquema de “plataformas independientes en paralelo”. Buckland *et al.* (1993) proponen este método, el cual se basa en las funciones de detección ajustadas para dos plataformas operando concomitantemente y en paralelo a una distancia “d” una de otra. En el caso del DSJ d = 0, es decir, las plataformas se encontraban en el mismo barco (*puente volante y puente*). Sin embargo, dado que desde el *puente* se obtuvieron muy pocos avistamientos, no fue posible ajustar una función de detección.

De la revisión de los histogramas de frecuencia de distancias perpendiculares para el *puente volante y puente* se deduce que las probabilidades de detección para ambas plataformas en los primeros 500 m de cada banda son similares y mas o menos constantes. Dada esta situación se pueden obviar las funciones de detección y calcular g(0) con base en un enfoque tipo marcado-recaptura. Si n₁ grupos son detectados desde el *puente volante*, n₂ desde el *puente* y n_{1,2} desde ambas plataformas (detecciones empatadas), entonces:

$$\hat{g}_1(0) = \frac{n_{1,2}}{n_2} \quad y \quad \hat{g}_2(0) = \frac{n_{1,2}}{n_1} \dots\dots\dots(9)$$

2) Los objetos son detectados en su posición original, es decir, antes de que se muevan en reacción a la presencia del observador (individuo, vehículo, embarcación, etc.).

Como parte del procedimiento normal de búsqueda de grupos de vaquita, los observadores trataban de avistar un mismo grupo en más de una ocasión, con el fin de confirmar la identificación, posición y tamaño de grupo. Varios de los grupos detectados fueron "reavistados" una o más ocasiones. En cada ocasión se pudo determinar la posición del grupo y, por supuesto, del barco.

Para evaluar el efecto de la presencia del barco (DSJ) en el patrón de desplazamiento de los grupos de vaquita, se analizaron los cambios en distancia radial, es decir, la distancia en línea recta entre el barco y el grupo detectado (Fig. 7).

Tomando en cuenta la conducta evasiva de la vaquita es de esperar que a las distancias radiales más pequeñas los valores de la diferencia tiendan a ser positivos. A las distancias mayores se espera que el movimiento sea independiente, con un valor promedio negativo para la diferencia, ya que el DSJ se desplazó a una velocidad superior a la de vaquita, de entre 3.5 a 7.5 Km/h (estimación basada en el seguimiento de dos grupos de vaquitas, sin contar con una medición precisa de la velocidad de la embarcación por Silber *et al.*, 1988).

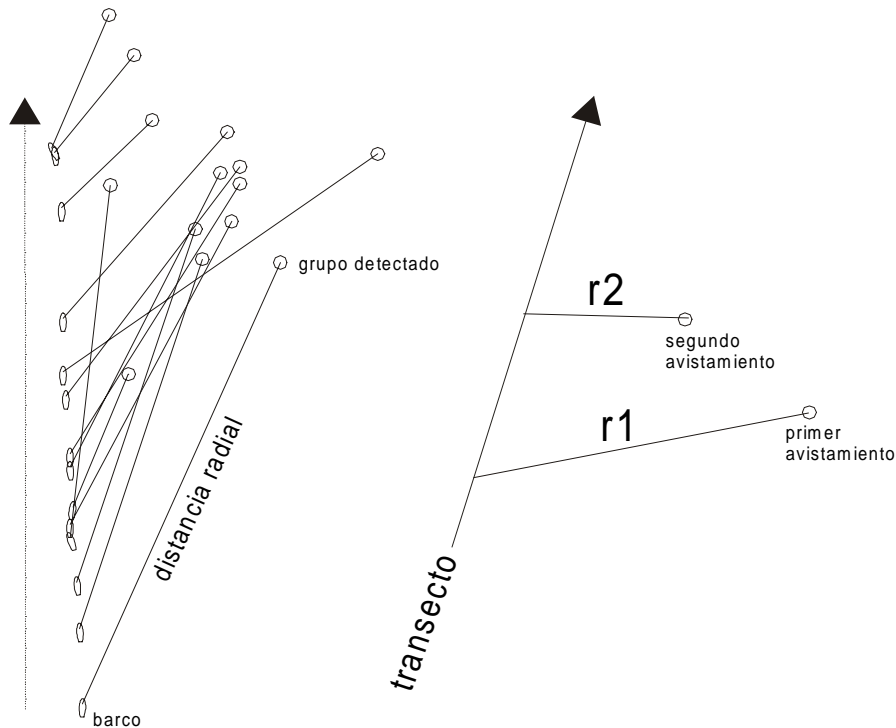


Fig. 7. Forma en que las distancias radiales son usadas para evaluar el segundo supuesto.

Para hallar la distancia a la cual los grupos empiezan a reaccionar, se ajustó un modelo de regresión a los datos de movimientos. Como variable independiente se utilizó a la distancia radial inicial (r_1) y como dependiente a la diferencia en distancias radiales ($r_2 - r_1$). Se infirió que el valor para r_1 , cuando $r_2 - r_1 = 0$ bajo el modelo ajustado [$(r_2 - r_1) = a + (b \cdot r_1)$], es la “distancia radial mínima” antes de que el grupo se vea afectado por la presencia del barco.

El valor estimado para distancia radial mínima resultó ser de 913 m. De tal forma, sólo los avistamientos efectuados a distancias radiales menores fueron incluidos en el análisis, incluso para el caso de la estimación de $g(0)$.

3) Las mediciones de distancia se efectúan sin error.

Como se explicó en el planteamiento, las distancias perpendiculares se calcularon a partir de las distancias radiales medidas con los binoculares reticulados y con los ángulos medidos en las gradillas de los binoculares 25x150 o con gradillas manuales en el caso de los binoculares 10x50, que toma en cuenta la curvatura terrestre. Si se aplicara una conversión trigonométrica simple se obtendrían distancias más pequeñas, con la magnitud del sesgo proporcional a la distancia real. Esto provoca un sesgo positivo de $f(0)$ y por tanto una sobre-estimación de la abundancia.

Los tres supuestos más importantes fueron así superados. Por otro lado, se compararon las tasas de encuentro (n/L) entre diferentes estados del mar, con el fin de asegurar una homogeneidad en el muestreo.

Un análisis de χ^2 indicó que a valores de Beaufort altos, significativamente menos grupos son detectados. Por tal motivo, sólo los transectos recorridos bajo condiciones de Beaufort de 0-3 fueron incluidos en el análisis.

Por último, un procedimiento que se puede considerar como supuesto fue considerado. Este consiste en usar, para ajustar la función de detección, modelos con hombro. Esto quiere decir que la curva ajustada debe estimar valores para la función, aproximadamente constantes, en las distancias cercanas al transecto. Para hallar el mejor modelo que describiera a los datos disponibles, sólo se utilizaron los modelos con hombro incluidos en el programa *Distance* (Thomas, 1999), es decir, no se incluyó al modelo exponencial negativo.

• Incertidumbre

Las medidas de variabilidad e intervalos de confianza pueden ser construidos con fórmulas teóricas que supongan algún tipo de distribución o con métodos iterativos como *jackknife* y *bootstrap*. La ventaja de los iterativos radica en el hecho de que no es necesario someterse a los supuestos requeridos por los modelos paramétricos. Por otro lado, al ser iterativos, es posible en cada una de las réplicas muestrales que generan estos métodos, repetir todo el proceso que se siguió para la estimación puntual. Esto permite, en el caso de la estimación de abundancia, incluir en la varianza la incertidumbre generada por la elección de un modelo de ajuste para $f(0)$. También se puede incluir la incertidumbre generada por el proceso elegido para estimar $E(s)$.

Se corrió un proceso *bootstrap* con 2,000 réplicas para estimar la varianza y construir un intervalo de confianza para la abundancia total de vaquita. En cada réplica *bootstrap* se construyó una muestra de cada uno de los juegos de datos usados en la estimación puntual (DSJ y BIP). Para el DSJ se calculó $g(0)$, $f(0)$, n/L , $E(s)$, D y N , los cuales constituyen la estimación de abundancia en el Área Núcleo. Para el BIP se calculó n/L y $f(0)/g(0)$ en el Área Núcleo. Posteriormente $f(0)/g(0)$ fue utilizado en el Área Somera, junto con n/L y $E(s)$, para estimar D y N en el Área Somera. Por último se ponderaron la densidad y abundancia totales para obtener la densidad total y la abundancia total.

El intervalo de confianza se construyó con los percentiles de las 2,000 réplicas para cada parámetro estimado. Los datos se ordenan de menor a mayor y los límites inferior y superior del intervalo al 95% de

confianza están representados por los percentiles 2.5 y 97.5%, respectivamente. Los intervalos fueron contruidos para cada parámetro calculado.

En el caso en el que la media *bootstrap* y el valor original del parámetro discrepen, es necesario hacer alguna corrección al intervalo de confianza basado en percentiles. Se usó el método BCa (bias-corrected and accelerated) para hacer esta corrección (Efron y Tibshirani, 1993).

▼ **Estado actual de la vaquita marina**

Los cálculos de abundancia, explicados en el inciso anterior, estiman que en 1997 un total de 567 vaquitas habitaban el Norte del Golfo de California. El intervalo de confianza al 95% se halla entre 177 y 1073 vaquitas.

Se estima que la tasa de natalidad podría estar entre un 10 y un 15% de la población anual. Con el último estimado poblacional, los números absolutos de natalidad se hallarían entre 57 y 85 crías por año. También se estima que la tasa de mortalidad se halla entre 30 y 80 animales por año. Lo anterior indica que la tasa de crecimiento poblacional sea negativa

Sólo se cuenta con un trabajo acerca del ciclo de vida de la vaquita (Hohn *et al.*, 1996). Este se hizo a partir de especímenes colectados incidentalmente en redes agalleras, por lo que la muestra puede estar sesgada. Según este estudio, la estructura de edades y sexos incluye, aproximadamente, 30% de hembras maduras. Además, según el estudio histológico de las gónadas, una hembra madura produce una cría cada dos años. De tal forma, la tasa de natalidad podría estar entre un 10 y un 15% de la población anual. Con el último estimado poblacional, los números absolutos de natalidad se hallarían entre 57 y 85 crías por año.

No se conocen las tasas de mortalidad natural y, como se mencionó antes, se estima que la tasa de mortalidad se halla entre 30 y 80 animales por año sólo en El Golfo de Santa Clara. Todos estos datos indican que lo más probable es que la tasa de crecimiento poblacional sea negativa, es decir, que si las tasas de captura incidental siguen operando al mismo ritmo la población está decreciendo. Evidencias con respecto a esta hipótesis han sido presentadas por Jaramillo Legorreta (1999).

Al utilizar el Índice de Remoción Biológica Potencial o PBR (*Potential Biological Removal*) propuesto por Wade (1998), para estimar el número máximo de vaquitas que pueden ser removidas de la población, para asegurar su conservación,

encontramos que no es posible capturar mas de una (0.79) al año. El PBR se calcula como sigue:

$$PBR = N_{min} \cdot (0.5 \cdot R_{max}) \cdot F_R \dots\dots\dots(10)$$

donde:

- N_{min} abundancia mínima, calculada como el 20^{avo} percentil de las medidas de variabilidad de la estimación de abundancia.
- R_{max} Tasa máxima de incremento, que se establece en 0.04 para cetáceos.
- F_R Factor de recuperación, que se calcula al nivel de stocks y que para especies amenazadas se establece en 0.1.

Alternativamente, se puede utilizar la derivación del PBR en la Declaración de Panamá que reconoce México (0.1% N_{min} ; *IDCP agreement 1997*):

En este caso se recomienda calcular N_{min} como:

$$N_{min} = \frac{N}{e^{0.842\sqrt{\ln(1+0.58^2)}}} \dots\dots\dots(11)$$

El límite de mortalidad (LMP) calculado con la fórmula anterior, se estima en 0.72, lo concuerda con la estimación utilizando el PBR. Es decir, al utilizar cualquier límite de mortalidad, PBR o LMP, únicamente se pueden extraer de la población 1 vaquita/año.

En resumen, se puede concluir que la vaquita requiere de la aplicación urgente de una estrategia de recuperación y manejo, a fin de que no se lamente, en un mediano o corto plazo, la extinción de esta especie.

La estrategia de conservación, hasta no contar con más información, debe comprender la reducción o eliminación del esfuerzo pesquero que interacciona con la vaquita, tal como las redes agalleras y, hasta cierto grado, las redes de arrastre.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

▼ **Implicaciones en el manejo**

La implicación para el manejo del inciso anterior es muy importante. Se puede considerar como un primer paso que confirma la urgente necesidad de un plan de recuperación de esta especie endémica. La estimación previa del tamaño poblacional de vaquita (Barlow *et al.*, 1997) había sido considerada parcial o limitada por algunos investigadores, debido a que había cubierto un área restringida por un período de tiempo muy corto. Al menos un investigador señaló que si se cubría toda el área de distribución, el tamaño de la población podría incrementarse significativamente, probablemente hasta un orden de magnitud. Sin embargo, la estimación de 1997 muestra que este no es el caso. A pesar de que hubo varios aspectos que sesgaron la estimación final de 1993 (224), se trató de la primera estimación cuantitativa (transecto lineal) para esta especie. Las anteriores habían sido realizadas a partir de muestreos no diseñados para tal fin, lo que resultó mas bien en “adivanzas académicas” que en verdaderas estimaciones.

La estimación derivada del crucero de 1997, como lo señaló el CIRVA, se debe considerar la más exacta de todas las estimaciones disponibles. Sin embargo, a pesar de que la diferencia entre las estimaciones derivadas de los cruceros de 1993 (Barlow *et al.*, 1997) y de 1997 (Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999) es grande en términos relativos, la diferencia absoluta es pequeña. Ambas estimaciones indican un tamaño poblacional de sólo unos cientos de animales.

El punto anterior es muy importante, pues para cualquiera de las dos estimaciones de abundancia, los límites de mortalidad (PBR o LMP) son menores a una vaquita al año. La implicación más importante en el manejo es, desde luego, evitar la mortalidad de vaquitas en las redes agalleras.

En febrero de 1999 se llevó a cabo la segunda reunión del CIRVA. En esta reunión se evaluaron las medidas potenciales de mitigación de la mortalidad. Entre ellas se consideraron: alarmas acústicas, cierre temporal o espacial de áreas, distintas modalidades de áreas marinas protegidas, restricciones a artes de pesca y compra de artes de pesca y licencias. Después del análisis de estas medidas, se concluyó que la única manera de evitar la extinción de la vaquita es cambiar los métodos de pesca extensivos (redes) por selectivos (lineas). Para ello sería necesario retirar, en etapas, las redes agalleras del Alto Golfo.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Actualmente el Proyecto Vaquita, perteneciente al Programa Nacional de Investigación y Conservación de Mamíferos Marinos del Instituto Nacional de la Pesca (SEMARNAP), tiene programas de colaboración con distintas instituciones tanto del extranjero como de México.

Junto con la Universidad de Oxford, la Fundación Internacional para el Bienestar de los Animales y la Universidad de Plymouth, todas en el Reino Unido, se están llevando a cabo los estudios sobre distribución, movimientos y uso de hábitat, utilizando técnicas acústicas.

Junto con el Centro de Ciencias Pesqueras del Suroeste de Estados Unidos de Norte América, se llevó a cabo la evaluación del tamaño poblacional y, actualmente, se está trabajando en la descripción del hábitat. En este proyecto también participan investigadores del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California.

REFERENCIAS

- Barlow, J. 1988. Harbor porpoise, *Phocoena phocoena*, abundance estimation for California, Oregon and Washington: I. Ship surveys. Fish. Bull., U.S. 86(3):417-432.
- Barlow, J., T. Gerrodette & G. Silber. 1997. First estimates of vaquita abundance. Mar. Mamm. Sci. 13:44-58.
- Brownell Jr., R.L. 1986. Distribution of the vaquita, *Phocoena sinus*, in Mexican waters. Mar. Mamm. Sci. 2(4):299-305.
- Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham & J.L. Laake. 1993. Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall. London, U.K. 446 pp.
- D'Agrosa, C., O. Vidal & W.C. Graham. 1995. Mortality of the vaquita (*Phocoena sinus*) in gillnet fisheries during 1993-94. En: Bjørge, A. & G.P. Donovan. (eds). Biology of the Phocoenids. Report of the International Whaling Commission (Special Issue 16). Cambridge, U.K. PP: 282-291.
- D'Agrosa, C., C.E. Lennert & O. Vidal. 2000. Preventing the extinction of a small population: vaquita (*Phocoena sinus*) fishery mortality and mitigation strategies. Conservation Biology 14(4): 1110-1119.
- Diario Oficial de la Federación. 1993. Decreto Presidencial, México D.F., 10 de junio de 1993.
- Efron, B. & R.J. Tibshirani. 1993. An introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, New York.
- Fleisher, L. 1996. Mortalidad incidental de la vaquita, *Phocoena sinus*. Historia y actualidad (abril de 1994). Ciencia Pesquera 13:78-82.
- Gerrodette, T., L.A. Fleischer, H. Pérez-Cortés & B. Villa-Ramírez. 1995. Distribution of the vaquita, *Phocoena sinus*, based on sightings from systematic surveys. En: Bjørge, A. & G.P. Donovan. (eds). Biology of the Phocoenids. Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 16). Cambridge, U.K. pp: 273-281

- Hohn, A.A., A.J. Read, S. Fernández, O. Vidal & L.T. Findley. 1996. Life history of the vaquita, *Phocoena sinus* (Phocoenidae, Cetacea). *Jour. of Zool.* 239: 235-251.
- Jaramillo Legorreta, A.M. 1999. Estimación de abundancia de la vaquita (*Phocoena sinus*): primer paso hacia su recuperación. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., México.
- Jaramillo Legorreta, A.M., L. Rojas Bracho & T. Gerrodette. 1999. A new abundance estimate for vaquitas: first step for recovery. *Mar. Mamm. Sci.* 15(4):*¿paginas?*
- Rojas-Bracho, L. & J. Urbán-Ramírez. 1994. Vaquita: Its environment, biology and problematic. *En: Férman J.L., L. Gómez-Morín & D.W. Fischer. (ed). Coastal Management in México. The Baja California Experience. ASCE, NY. USA. pp: 48-72.*
- Rojas-Bracho, L. & B. Taylor. 1999. Risk factors affecting the Vaquita *Phocoena sinus*. *Mar. Mamm. Sci.* 15(4):*¿paginas?*
- Rosel, P. & L. Rojas-Bracho. 1999. Mitochondrial DNA variation in the critically endangered vaquita, *Phocoena sinus*. *Mar. Mamm. Sci.* 15(4):*¿paginas?*
- Silber, G. K., M. W. Newcomer, & G. J. Barros. 1988. Observations on the behavior and ventilation cycles of the vaquita, *Phocoena sinus*. *Mar. Mamm. Sci.* 4: 62-67.
- Taylor, B. & L. Rojas-Bracho. 1999. Examining the risk of inbreeding depression in a naturally rare cetacean, the vaquita (*Phocoena sinus*) *Mar. Mamm. Sci.* 15(4):*¿paginas?*
- Thomas, L. 1999. Distance 3.5. *Bull. Ecol. Soc. Amer.* 80:114-115.
- Vidal, O. 1995. Population biology and incidental mortality of the vaquita *Phocoena sinus*. *En: Bjørge, A. & G.P. Donovan. (eds). Biology of the Phocoenids. Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 16). Cambridge, U.K. pp: 247-272 .*
- Wade, P.R. 1998. Calculating limits to the allowable human-caused mortality of cetaceans and pinnipeds. *Mar. Mamm. Sci.* 14(1):1-37.

