



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**OCURRENCIA DE ORCAS (*Orcinus orca*) Y DE
SUS ATAQUES A BALLENAS JOROBADAS
(*Megaptera novaeangliae*) EN LA BAHÍA
BANDERAS, MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

Elia del Carmen Salazar Bernal

Director de tesis: Dr. Luis Medrano González



Facultad de Ciencias
UNAM

2005



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

**Al ángel que me cuida desde el cielo,
que en vida fue MI MAMA**

A Juan Carlos, mi otro angelito

A Laura, mi incondicional apoyo

A Ricardo, mi amor

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| Resumen | 1 |
| Abstract | 2 |
| Introducción | 3 |
| Biología de la ballena jorobada | 6 |
| Morfología | 6 |
| Reproducción | 7 |
| Distribución | 8 |
| Biología de la orca | 12 |
| Morfología | 12 |
| Reproducción | 15 |
| Distribución mundial | 16 |
| Distribución en México | 18 |
| Alimentación | 19 |
| Antecedentes | 22 |
| La ballena jorobada en el Pacífico mexicano | 22 |
| Observación turística de ballenas jorobadas | 24 |
| Depredación de ballenas jorobadas por orcas | 26 |
| Zona de estudio | 29 |
| Planteamiento de la investigación | 32 |
| Objetivos | 33 |
| Métodos | 34 |
| Trabajo de campo | 34 |
| Análisis de datos | 35 |
| Resultados | 41 |
| Distribución de ballenas jorobadas hembras con cría | 41 |
| Marcas de ataques de orcas en ballenas jorobadas | 45 |
| Asociaciones de orcas | 47 |
| Movimientos de orcas | 54 |
| Abundancia absoluta de orcas | 56 |
| Ataques de orcas a ballenas jorobadas | 59 |
| Discusión | 63 |

| | |
|---|----|
| Conclusiones | 69 |
| Agradecimientos | 71 |
| Referencias | 75 |
| Apéndice I | 83 |
| Estimadores de tamaño poblacional | 83 |

RESUMEN

En los últimos años, en México ha crecido la observación turística de ballenas y un cetáceo afectado constantemente por esta actividad es la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) que se distribuye durante el invierno en el Pacífico mexicano. En la Bahía Banderas, Nay-Jal se ha observado recientemente una frecuencia considerable de ataques de orcas a las crías de ballenas jorobadas y los objetivos de esta investigación son: caracterizar esta interacción en relación con cambios a largo plazo en la distribución de las ballenas jorobadas en la Bahía Banderas asociados al desarrollo del turismo y así como caracterizar la ocurrencia, abundancia, movimientos y asociaciones de las orcas que visitan este lugar.

Se registraron en la Bahía Banderas 224 avistamientos de hembras con cría de ballena jorobada entre 1983 y 2004 los cuales, desde la década de los 1990, presentan una tendencia clara de mayor dispersión y desplazamiento desde la parte norte hacia la parte este y sur de la bahía. En este periodo, la profundidad y distancia a la costa promedio permanecen constantes sugiriendo que el cambio de distribución de las hembras con cría obedece a la búsqueda de lugares con características específicas para la crianza. Tan solo el 4% de las aletas caudales de las ballenas jorobadas presentan marcas por orcas y estas marcas parecen ser más abundantes entre finales de los 1980 e inicios de los 1990 así como a fines de los 1990. No hay relación entre la ocurrencia de orcas en la Bahía Banderas y la frecuencia de marcas en las ballenas jorobadas. Esto indica que la depredación de ballenas jorobadas por orcas es intermitente y que la depredación ocurre fundamentalmente en la ruta de migración o en las zonas de alimentación de esta especie.

De 1992 a 2004 se identificaron 44 orcas agrupadas en siete manadas distintas. En la Bahía Banderas se identificaron 33 orcas agrupadas en cuatro manadas, en la costa de Oaxaca se identificaron cuatro orcas agrupadas en una manada y en la región de Los Cabos, Baja California Sur se identificaron siete orcas agrupadas en dos manadas. Las asociaciones unisexuales son más frecuentes que las asociaciones entre machos- hembras. Las orcas identificadas en la Bahía Banderas presentan una mayor ocurrencia durante los meses de diciembre a marzo coincidiendo con la estancia invernal de las ballenas jorobadas en este lugar. Se usaron los métodos de estimación absoluta de Bailey-Petersen, el de Jolly-Seber así como dos cálculos para la distribución del número de capturas y para la tasa de aparición de nuevos individuos de Darling-Morowitz (1986). Estas estimaciones indican un total de 100 a 273 orcas para la costa del Pacífico Tropical Mexicano (entre Oaxaca y Los Cabos).

De 2002 a 2004 se registraron al menos cuatro muertes a crías de ballenas jorobadas en la Bahía Banderas causadas por orcas atestiguándose tres de ellas. En el invierno de 2004 se registró también el ataque a una manada de delfines tornillo (*Stenella longirostris*).

ABSTRACT

Whale watching in Mexico has considerably increased in recent years, and one of the species affected by this activity is the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*), which is distributed along the Mexican Pacific during the winter. At the same time, studies from Bahía Banderas, Nay-Jal, have shown a considerable frequency of killer whale attacks on humpback whale calves. Considering these two factors, this investigation describes the interaction of the two species with respect to long term changes in the distribution of humpback whales in Bahía Banderas associated to the development of tourism and characterizes the occurrence, abundance, movements and associations of the killer whales that visit this site.

Between the years of 1983 and 2004, 224 sightings of humpback whales females with calf have been reported in Bahía Banderas. This set of data shows a tendency for an increase in dispersion and displacement from the north part of the bay towards the eastern and southern part of it as of the 1990s. In this period, the mean depth and distance to the coast of the calving females have remained constant, suggesting that the change of distribution of these whales responds to a search for places with specific characteristics for breeding. Only 4% of the flukes of the humpback whales show marks made by killer whales, and apparently these marks seem to be more abundant between the last years of the 1980s and the first and last years of the 1990s. This suggests no relationship between the occurrence of killer whales in Bahía Banderas and the frequency of marks in the humpback whales, indicating that predation of humpback whales by killer whales is intermittent and that it occurs mainly along migration routes or in the feeding areas of the humpbacks.

Between 1992 and 2004, a total of 44 killer whales grouped in 7 different herds, have been identified. From these, 33 individuals grouped in 4 herds were identified in Bahía Banderas, one herd with four individuals in Oaxaca's coast, and in the region of Los Cabos, Baja California, 7 individuals grouped in two herds were identified. Unisexual associations are the most frequent between killer whales as opposed to male-female groups. The identified killer whales in Bahía Banderas present a higher occurrence during December and March, which coincides with the breeding activities of the humpback whales in the area. In order to obtain an estimate of the population size of the killer whales, sighting data was analyzed using the Bailey-Petersen and the Jolly-Seber methods of absolute estimation, and the two curves proposed by Darling-Morowitz (1986) for the distributions of the number of captures and for the appearance of new individuals. All the results propose an absolute population size between 100 and 273 killer whales for the coast of the Tropical Mexican Pacific (between Oaxaca and Los Cabos).

Between the years of 2002 and 2004 there are reports of four humpback whale calf deaths caused by killer whales. Three of the attacks were eye-witnessed. During the winter of 2004 there were also reports of a killer whale attack on a herd of spinner dolphins (*Stenella longirostris*)

INTRODUCCIÓN

El océano, esa enorme extensión de agua que cubre más del 70% de la superficie del planeta y que no parece poseer más movimiento que el de sus olas, esconde todo un mundo de especies muy distintas, lejanas y desconocidas para el ojo humano. La gran diversidad, tanto en forma como en tamaño, de los seres que habitan en el océano ha dado origen a la creación de toda clase de historias y leyendas. Los griegos llenaron al *Mare nostrum* de las más variadas criaturas, monstruos y deidades que formaban la más animada población de las aguas del mar. Nereidas, oceánidas y gorgonas, en formación con sirenas y tritones, constituían el brillante desfile que daba su mayor esplendor a la corte de Poseidón y Anfítrite. En la mitología griega, los delfines tenían importante significado espiritual. Se cuenta que en la Grecia antigua, al edificarse el Oráculo de Delfos dedicado a Apolo, dios del Sol, los delfines fueron los animales consagrados para ese santuario. Tres mil años antes de que el hombre saliera al mar a capturar ballenas y delfines para obtener alimento en el Mediterráneo, las ballenas y los delfines eran símbolo de misterios religiosos y honorables guardianes de la vida en el océano (Genest 1961, Slijper 1979).

Para muchas culturas, los cetáceos han despertado multitud de sensaciones, desde terror, odio y muerte hasta felicidad, buenos augurios y vida que se hacen presentes como mitos y leyendas. Históricamente, muchos pueblos nativos de las costas incluyeron cetáceos en su mitología. Las ballenas grises (*Eschrichtius robustus*), las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) y las orcas (*Orcinus orca*) son una importante parte en la tradición nativa americana siendo parte esencial de la vida social, religiosa e imaginativa de esta gente. Aproximadamente en el año 100 a. C., los nativos de Nazca, Perú construían templos dedicados a las orcas que simbolizaban poder, coraje y fertilidad. La orca es un poderoso símbolo de espiritualidad para muchas comunidades del norte de la Columbia Británica y el sureste de Alaska. Entre estas comunidades se encuentran las de Haida

y Tlingit. Dentro de la mitología de estos últimos se encuentra una leyenda que cuenta la creación de las orcas:

“Nacitlaneh: el hombre que creó a la ballena asesina” En el sureste de Alaska, vivía Nacitlaneh un hábil leñador de la tribu Tlingit. Planeando la venganza hacia sus cuñados, en una colonia de lobos marinos, Nacitlaneh comenzó a tallar un gran pez negro; intentó perfeccionarlo con pedazos de cedro rojo y cicuta y pintando rayas de diferentes colores. Cantó y gritó para que su creación tuviera vida pero nada de lo que hacía funcionaba. Finalmente, Nacitlaneh intentó de nuevo y talló cuidadosamente sobre un fino cedro ocho pequeños y grandes peces negros. A cada uno le pintó una banda blanca que cruzaba de lado a lado sobre la cabeza y un círculo blanco en la aleta dorsal, Nacitlaneh colocó su obra en el mar y entonó poderosas canciones con el fin de que sus peces negros tuvieran vida. Al lograr que tuvieran vida y estando en el mar, Nacitlaneh ordenó al gran pez negro que destruyera la canoa en la que se encontraban sus cuñados. Después del ataque los hombres y la embarcación desaparecieron pero dos de los peces negros que había creado salvaron a los cuñados y los llevaron a la orilla de la playa. Nacitlaneh llamó al gran pez negro y le dijo “Te creé como venganza hacia mis cuñados pero nunca más volverás a hacer daño a ningún ser humano pero si lo ayudarás cuando se encuentre en peligro. Ahora vete” Es desde entonces que las orcas nadan en el mar.

Las leyendas y mitos sobre cetáceos quedaron atrás cuando estos animales empezaron a ser vistos por los beneficios de comerciar con ellos y no como míticos animales marinos. La indiscriminada caza comercial de ballenas que se realizó durante los siglos XIX y XX llevó a sus poblaciones cerca de la extinción originando en la segunda mitad del siglo XX una generalizada preocupación por su protección y conservación. En 1946 se fundó la Comisión Ballenera Internacional (IWC por sus siglas en inglés), la cual intentó regular la captura comercial de las grandes ballenas para posteriormente establecer una moratoria para la caza comercial. México fue uno de los países que se interesó por la protección de estos animales promulgando la prohibición de la caza de ballenas en territorio nacional y participando activamente tanto en programas como en convenios internacionales encaminados a

la conservación de los mamíferos marinos. Este interés se refleja en la creación de las Áreas Naturales Protegidas y en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que están encaminadas a la protección de todos los mamíferos marinos que se distribuyen en aguas mexicanas. Dentro de los convenios a los cuales México se ha suscrito se encuentran la Convención de Ginebra que se enfoca principalmente a la protección de las ballenas (1933), el Convenio Internacional para la Reglamentación de la Caza de la Ballena (1938), la Comisión Ballenera Internacional (1949) y el Acuerdo Internacional para la Conservación de la Fauna y la Vida Silvestre (CITES 1991, SEMARNAT 2003).

Hasta hace un par de décadas se consideraba que la explotación directa era la principal causa de daño a las poblaciones de mamíferos marinos, pero existen otros problemas antropogénicos (p.ej. la contribución humana al cambio climático, la contaminación química, la degradación física y biológica del hábitat, los efectos de las pesquerías y el turismo) que inciden negativamente en muchas especies (Burns 2001). En los últimos años, el desarrollo turístico en las costas de nuestro país ha aumentado considerablemente. La cada vez más solicitada visita para hacer observación de mamíferos marinos constituye una forma de degradación del hábitat que puede tener repercusiones en el comportamiento, distribución, reproducción y más aspectos de la ecología de los animales (Torres *et al.* 1995). Un cetáceo afectado por el turismo en la última década es la ballena jorobada que se distribuye durante el invierno en la Bahía Banderas y en esta zona se ha observado recientemente una frecuencia de ataques de orcas a las crías de ballenas jorobadas y son los objetivos de esta investigación caracterizar esta interacción en relación con cambios a largo plazo en la distribución de las ballenas jorobadas en la Bahía Banderas asociados al desarrollo del turismo y como probable consecuencia el aumento en los ataques por orcas específicamente a crías de ballenas jorobadas. Se caracterizara la ocurrencia, abundancia, movimientos y asociaciones de las orcas que visitan este lugar.

BIOLOGÍA DE LA BALLENA JOROBADA

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) recibe también los nombres en español de rorcual jorobado y yubarta y representa la única especie y género de la subfamilia Megapterinae en la familia Balaenopteridae.

Morfología

Las ballenas jorobadas tienen un cuerpo robusto, los machos miden 14 m de longitud con un máximo de 17.5 m y las hembras miden 15 m con un máximo de 19 m. Ambos sexos pesan de 30 a 40 toneladas. La coloración es negra en la cabeza, dorso, costados y el pedúnculo caudal y se puede presentar una extensión variable de color blanco en la garganta, tórax, abdomen, el ano, la cara ventral de la aleta caudal e incluso los costados posteriores. La cabeza tiene una forma ancha y redondeada constituyendo del 28 al 30% de la longitud total. En cada maxila se presentan de 270 a 400 barbas de color negro a café cuya longitud promedio es 75 cm (Tomilin 1967; Watson 1985).

Es característica de esta especie la presencia de protuberancias tegumentarias en la parte dorsal de la cabeza arregladas en una línea central y dos laterales. En la región guloventral, hay de 15 a 20 surcos, de aproximadamente 15 cm de ancho. Las aletas pectorales son extremadamente largas con una longitud cercana a un tercio de la longitud total. La parte dorsal de las aletas suele ser negra con tonalidades en blanco mientras que la parte ventral es totalmente blanca. La aleta dorsal se encuentra en el tercio posterior del cuerpo con altura menor a 30 cm y forma variable individualmente. Esta aleta se encuentra sobre una joroba que es especialmente evidente cuando el animal arquea el dorso al inicio de la inmersión. Esta joroba da a la especie su nombre común (Leatherwood *et al.* 1983; Tomilin 1967). La aleta caudal generalmente presenta un borde aserrado y una muesca

central profunda. La coloración en la parte dorsal es negra, mientras que en la parte ventral se puede presentar una pigmentación distintiva de blancos y negros que hacen posible su identificación individual (Katona y Whitehead 1981; Nishiwaki 1972; Tomilin 1967; Figura 1).



Figura 1. Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Ilustración de M. Camm tomada de Carwardine (1995).

Reproducción

La madurez sexual se alcanza entre los 4 y 6 años de edad. El periodo de gestación es de aproximadamente 11 meses y comúnmente se tiene una cría por parto. Las crías nacen en aguas tropicales y subtropicales durante el invierno, miden al nacer de 4 a 4.5 m y llegan a pesar ca. 700 Kg. El periodo de lactancia dura de 6 a 11 meses. Las crías alcanzan su independencia al final del año de nacimiento. Los machos alcanzan la madurez sexual en un intervalo similar al de las hembras pero la participación activa en la competencia intrasexual ocurre hasta aproximadamente los 10 años de edad (Clapham 1992; Clapham y Mayo 1987; Tomilin 1967).

En la mayoría de las hembras maduras, la concepción ocurre después del destete de la cría resultando un nacimiento cada dos años

pero también existen casos en que una hembra puede concebir en años consecutivos o en periodos de tres o más años. Los intervalos de reproducción promedio reportados son de 2.2 años en Hawaii (Glockner-Ferrari y Ferrari 1984), 2.1 años en las Islas Revillagigedo (Salas Rodarte 1993) y de 2.2 años en la Bahía Banderas (Juárez Salas 2001).

Una actividad reproductiva de la ballena jorobada es el canto que consiste en una secuencia de sonidos repetidos regularmente con una estructura definida y cíclica. El canto, es emitido exclusivamente por los machos principalmente durante la temporada de reproducción aunque hay informes de emisiones al final de la temporada de alimentación y durante la migración. Tal vez el canto es importante en el éxito reproductivo de los machos de ballenas jorobadas (Payne y McVay 1971; Winn y Winn 1978).

Distribución

La ballena jorobada es una especie cosmopolita y tiene un ciclo migratorio anual el cual comprende una etapa de alimentación en aguas frías altamente productivas durante el verano donde se alimentan de zooplancton y pequeños peces y una etapa de reproducción y crianza que ocurre en aguas someras con temperaturas cercanas a 25 °C en regiones tropicales y subtropicales durante el invierno. La preferencia por las aguas templadas en la etapa de reproducción y crianza se debe aparentemente a las capacidades de termorregulación de las crías aun no bien desarrolladas (Dawbin 1966; Lockyer y Brown 1981; Tomilin 1967). La migración de la zona de alimentación a la zona de reproducción ocurre como una procesión de clases de sexo y estado reproductivo siendo las hembras lactantes las primeras en migrar, seguidas de animales jóvenes, machos maduros, hembras en anestro y al último las hembras preñadas. A finales del invierno, este orden se invierte siendo las hembras recién preñadas las

que comienzan el regreso a las zonas de alimentación (Lockyer y Brown 1981).

Aunque no se conocen claramente las rutas migratorias de las ballenas jorobadas, se ha encontrado una conexión entre algunas de las áreas de alimentación y reproducción presentándose filopatria (Baker *et al.* 1986; Darling y Jurasz 1983; Darling y McSweeney 1985; Flores-González *et al.* 1998; Lockyer y Brown 1981; Urbán *et al.* 2000).

La filopatria o constancia en los destinos migratorios es el resultado del aprendizaje de las crías cuando completan un ciclo migratorio con su madre. Esta fidelidad ocasiona una estructura poblacional jerárquica (Baker *et al.* 1987; Baker *et al.* 1998; Perry *et al.* 1990).

Se distinguen tres poblaciones de ballenas jorobadas: la del Pacífico Norte, la del Atlántico Norte y la del Océano Austral. Las poblaciones del Hemisferio Sur se concentran durante el invierno en seis áreas distintas de reproducción que se localizan en las costas oeste y este de Sudamérica, (Colombia y Brasil), costa oeste y este de África (Sudáfrica y Madagascar), oeste y este de Australia, incluyendo Nueva Zelanda y diferentes islas del Pacífico Suroccidental. Las ballenas jorobadas de estas áreas se alimentan en la Antártica con una distribución en cinco áreas diferentes: en el Pacífico Suroriental, Atlántico Sur, sur de Sudáfrica, suroeste del Océano Índico y sur de Nueva Zelanda (Darling y Mc Sweeney 1985; Findlay y Best 1996; Johnson y Wolman 1984; Lockyer y Brown 1981; Tomilin 1967; Figura 2).

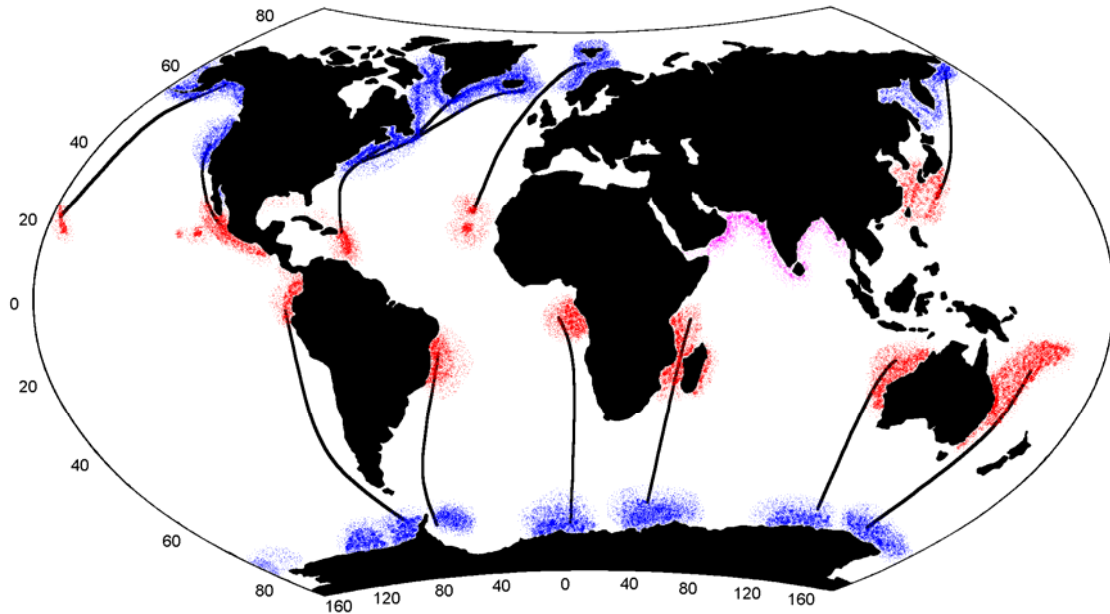


Figura 2. Distribución mundial de la ballena jorobada. En azul se muestran las áreas de alimentación, en rojo las áreas de reproducción y las líneas negras representan las conexiones migratorias. En rosa se indica en el Océano Índico zonas de estancia de todo el año.

Las ballenas del Atlántico Norte están divididas en las subpoblaciones oriental y occidental. Tal vez existan dos agregaciones de alimentación en el Atlántico Noroccidental: uno en el Golfo de Maine y otro en la Península de Labrador. En el otoño estas ballenas migran al Caribe. La Bahía Samana en República Dominicana es una localidad importante para la reproducción de las ballenas jorobadas del Atlántico Norte (Katona *et al.* 1979; Mattila *et al.* 1989; Tomilin 1967).

En el Pacífico Norte existen tres subpoblaciones: la asiática, la central o hawaiana y la americana. En la subpoblación asiática las áreas de alimentación son las aguas del Mar de Okhotsk, y alrededor de la Península de Kamchatka y la zona de reproducción abarca Corea del Sur, las Islas Marianas, las Islas Ryukyu, las Islas Bonin y Taiwán. La subpoblación central se alimenta frente a las costas de Alaska, y se reproduce en las aguas de las Islas de Hawai. Finalmente, la subpoblación americana se alimenta frente a las costas de California, Oregón y Washington y se reproduce en el Pacífico mexicano y

Centroamérica (Johnson y Wolman 1984; Rice 1974; Steiger y Calambokidis 1991). Alrededor de las Islas Revillagigedo hay una agregación invernal de ballenas jorobadas cuyas zonas de alimentación no se han identificado (Rice 1974; Urbán y Aguayo 1987).

Una revisión sobre la variación genética mitocondrial de las ballenas jorobadas de todo el mundo, reveló una estructura poblacional coherente con las divisiones tradicionales y al mismo tiempo reveló procesos de flujo génico entre subpoblaciones y entre poblaciones de diferentes hemisferios (Baker y Medrano González 2002).

BIOLOGÍA DE LA ORCA

La orca pertenece a la familia de los delfines (Delphinidae) siendo la especie de mayor tamaño en este taxón y la única dentro del género *Orcinus*.

Morfología

Las orcas tienen un cuerpo robusto y presentan dimorfismo sexual. Los machos alcanzan una longitud de hasta 9.5 m mientras que las hembras rara vez miden más de 7 m (Leatherwod *et al.* 1988). Existen registros que van de las 4 hasta las 8 toneladas de peso para los machos y de 3 hasta 4 toneladas para las hembras (Hoyt 1981; Leatherwod *et al.* 1988). Las crías recién nacidas miden de 2.1 a 2.4 m y pesan alrededor de 180 Kg (Leatherwod *et al.* 1988).

Una de las características más notables de estos animales es la prominente aleta dorsal colocada en la mitad del dorso. En los machos adultos ésta es triangular y puede medir hasta 2 m de altura. Las hembras y los jóvenes tienen una aleta dorsal más pequeña alcanzando una altura máxima de 1 m siendo con frecuencia falcada. Aún en las orcas hembras y jóvenes, la aleta dorsal es proporcionalmente más alta que en la mayoría de los cetáceos (Heyning y Dahlheim 1988; Leatherwod *et al.* 1988).

La cabeza es roma con hocico poco aparente. Las grandes aletas pectorales están situadas a una cuarta parte de la cabeza hacia atrás. Entre los machos, las aletas pectorales alcanzan el 20% de la longitud total y en las hembras alcanzan del 11 al 13% (Heyning y Dahlheim 1988). Las aletas pectorales tienen forma de remos redondeados y anchos con una coloración negra por ambos lados (Leatherwod *et al.* 1988).

La coloración de las orcas es muy distintiva. El dorso es todo negro y la región ventral es blanca y ambas están bien demarcadas. La

región blanca se extiende desde la mandíbula hacia la parte posterior cubriendo toda la región gular, continuando a lo largo de la línea ventral y estrechándose entre las aletas pectorales.



Figura 3. Orca (*Orcinus orca*). Ilustración tomada de la página <http://www.home.iprimus.com.au/kathr/>.

Detrás del ombligo, la coloración blanca se ramifica en tres partes hacia atrás y posterior al ombligo. Dos franjas se extienden a cada costado y terminan detrás del ano y la tercera franja se extiende a lo largo de la línea ventral y termina detrás de la región urogenital o se extiende como un parche delgado hasta la aleta caudal expandiéndose ventralmente en esta última (Leatherwod *et al.* 1988). Las orcas presentan un parche blanco y oval a ambos lados de la cabeza, justamente arriba y detrás de los ojos y también una mancha blanquecina llamada “silla de montar” situada en el tronco inmediatamente detrás de la aleta dorsal por ambos costados (Figura 3).

Evans *et al.* (1982) analizaron las diferencias en los patrones de coloración de las orcas en varias localidades con base en: 1) el parche post-ocular, 2) muesca sub-ocular, 3) línea de inserción de la aleta pectoral, 4) campo anterior ventral y 5) mancha post-dorsal (silla de

montar). Estos autores llegaron a la conclusión de que el tamaño y la forma de estos componentes anatómicos varían entre las regiones geográficas y que de esta manera se identifican diferentes poblaciones como: 1) Pacífico Noroccidental (Puget Sound, Alaska, Mar de Bering e Islas Aleutianas), 2) Pacífico Central y Oriental (Baja California, México), 3) Atlántico Norte (Islandia), 4) Atlántico Sur (Argentina), 5) Océano Circumantártico y 6) Hielos antárticos.

Varios estudios en diferentes partes del mundo han identificado la existencia de dos formas de orcas y han sugerido que una de ellas se alimenta principalmente de mamíferos marinos y la otra de peces (Berzin y Vladimirov 1983, Bigg *et al.* 1987; Jefferson *et al.* 1991). Por su distribución, en el Pacífico Nororiental, estas dos formas se han denominado transeúntes y residentes respectivamente (Bigg 1982). Desde Washington hasta Alaska, las orcas residentes y transeúntes son simpátricas pero pueden distinguirse por las diferencias en la conducta, morfología y en el DNA mitocondrial (Baird y Stacey 1988; Bigg 1982; Bigg *et al.* 1987; Stevens *et al.* 1989). Existe una diferencia significativa en los patrones de pigmentación de la marcha post-dorsal (silla de montar) entre las orcas residentes y transeúntes. Como esta diferencia no es atribuible al dimorfismo sexual y la mancha no cambia con la edad, esto representa una diferencia cuantitativa entre las dos formas de orcas. La forma y la diferente pigmentación de la silla de montar son altamente heredables y las diferencias de esta mancha entre residentes y transeúntes sugieren una separación genética entre ambas formas (Bain 1987 en Baird y Stacey 1988; Bigg *et al.* 1987).

La distinción fundamental en la dieta de orcas residentes (ictiófagas) y transeúntes (sarcófagas) se asocia a diferencias en la distribución, desplazamiento, conducta, estructura social, acústica, y otros aspectos de sus hábitos y ecología en relación con la forma de búsqueda y captura de sus presas (Ford y Ellis 1999). Un estudio de orcas residentes y transeúntes de la Columbia Británica demostró que las orcas residentes navegan con rutas directas dirigiéndose preferentemente a las localidades donde pueden encontrar alimento

mientras que las orcas transeúntes nadan con rutas indirectas y erráticas con frecuencia cerca de la costa. Cuando las orcas se encuentran navegando a lo largo de la línea costera las residentes generalmente se mueven de extremo a extremo y las transeúntes siguen la línea costera de las bahías rodeando los pequeños islotes y rocas (Morton 1990). Las orcas transeúntes tienden a viajar en grupos de dos a seis individuos u ocasionalmente solos. Al igual que la forma residente, la unidad social de las transeúntes es un grupo matriarcal que comprende una madre y su descendencia. Sin embargo, existen diferencias importantes entre la estructura social de orcas residentes y transeúntes. En las orcas residentes no hay dispersión de los individuos del grupo maternal y por esta razón, un grupo de orcas residentes puede contener a la madre y miembros de hasta más de cinco generaciones. En las orcas transeúntes, los individuos permanecen en su grupo natal en mucho menor grado y por ello las poblaciones de orcas transeúntes tienden a ser más dinámicas y con tamaños de grupo más pequeños (Baird 2000; Ford y Ellis 1999; Perrin 1982).

Reproducción

Las orcas pueden aparearse en diferentes épocas del año y la temporalidad de la reproducción varía regionalmente. En el Atlántico Norte, la mayor ocurrencia de apareamientos es entre octubre y noviembre y en el Pacífico Norte ocurre entre mayo y julio (Nishiwaki y Handa 1958 en Matkin y Leatherwood 1986). Los machos alcanzan la madurez sexual entre los 5.2 y 6.2 m de longitud a una edad de entre 10 y 12 años. Las hembras son maduras sexualmente entre los 4.6 y 5.4 m a los siete u ocho años de edad. El sistema de apareamiento se ha descrito como poligínico (Heyning y Dahlheim 1988; Perrin y Reilly 1984). El promedio del periodo de gestación se ha estimado en 15 meses (Perrin 1982). La duración de la lactancia es de

aproximadamente 12 meses y el destete ocurre cuando la cría ha alcanzado una talla aproximada de 4.3 m (Matkin y Leatherwood 1986). El intervalo entre nacimientos es de una cría cada tres años y la cría puede permanecer hasta diez años al lado de su madre. Las hembras pueden vivir hasta los 80 años, mientras que los machos viven alrededor de los 60 años. La proporción de sexos en las poblaciones de las orcas es cercana a 1:1 siendo en el Pacífico Nororiental de 0.83:1 y de 1.34: 1 en las Islas Marion (Bigg 1982; Condy *et al.* 1978; Heyning y Dahlheim 1988).

Distribución mundial

La orca tiene una distribución cosmopolita. Existen registros de su presencia en aguas tropicales pero son más abundantes en regiones frías de ambos hemisferios con una mayor ocurrencia dentro de los 800 Km a partir de la costa (Dahlheim *et al.* 1982; Heyning y Dahlheim 1988; Figura 4).

En algunas áreas, las orcas pueden encontrarse esporádicamente mientras que en otras áreas aparentemente se encuentran durante todo el año (Perrin 1982). Los movimientos de las orcas parecen relacionados a los movimientos de sus presas. Sergeant y Fisher (1957) suponen que los movimientos de las orcas en las costas Orientales de Canadá están asociados con las migraciones de las focas y rorcuales. Jonsgard y Lyshoel (1970) concluyen que la distribución y la migración de las orcas en el Atlántico Nororiental depende de la migración del arenque (Heyning y Dahlheim 1988).

En el Atlántico Boreal, las orcas se han observado frecuentemente en Groenlandia, Islandia, Irlanda y en los mares de Barents y White. Una frecuencia regular de su presencia se ha documentado en Noruega, Gran Bretaña, Nueva Escocia, Francia y Canadá. Las orcas también se han registrado en las costas noroccidentales de Estados Unidos con un

marcado decremento de observaciones hacia el sur (Heyning y Dahlheim 1988).

En el Pacífico Norte, las orcas se observan con frecuencia en el Mar de Bering y en los mares de Chukchi y Beaufort. También se ha registrado su presencia en Alaska Suroriental. Una población de orcas se observa todo el año en las aguas interiores de la Columbia Británica y el Estado de Washington con presencia esporádica frente a la costa de Oregon y California. Las orcas se observan con poca frecuencia cerca de la costa pacífica americana desde los 35° N hasta los 5° S. La mayoría de estos registros están dentro de los 600 Km a partir del continente. En el Golfo de California, existen registros esporádicos (Dahlheim *et al.* 1982).

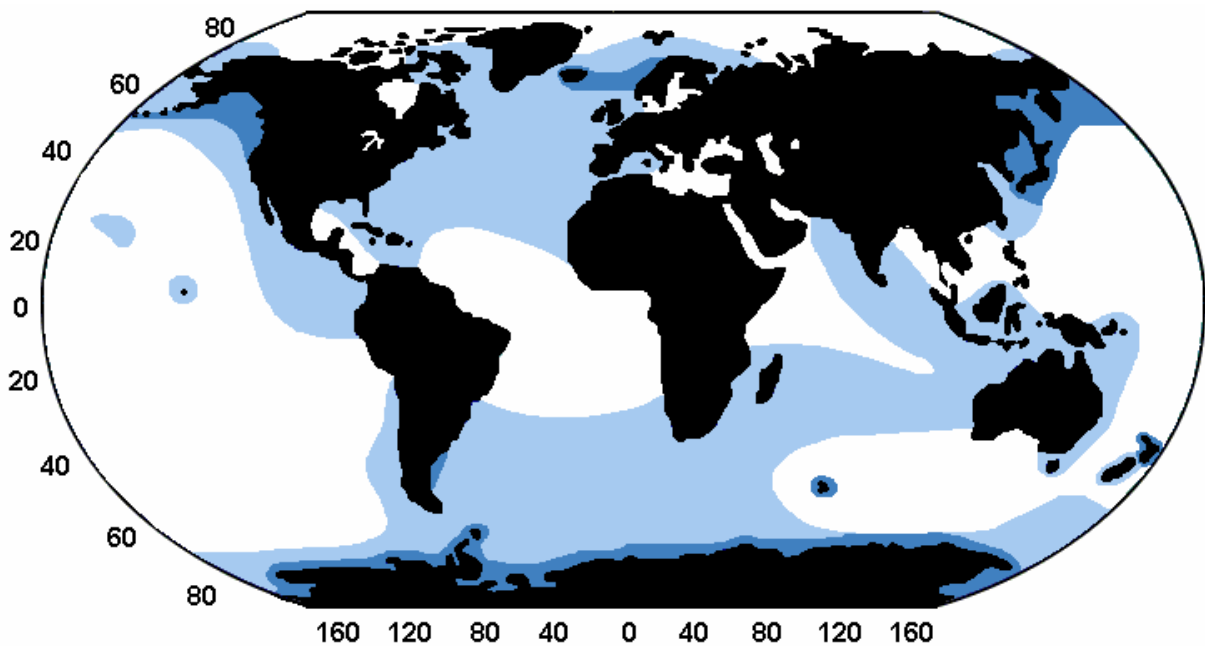


Figura 4. Distribución de la orca. El azul más oscuro indica zonas de abundancia relativamente alta y regular. El azul claro indica zonas de baja abundancia en donde hay registros esporádicos.

A pesar de los numerosos reportes de *Orcinus orca* en el Hemisferio Sur, su distribución, movimientos y abundancia no se

conocen en forma completa ni detallada (Heyning y Dahlheim 1988). En el Pacífico Austral, las orcas se han documentado en Australia, Nueva Zelanda y las Islas Galápagos (Dahlheim *et al.* 1982; Heyning y Dahlheim 1988; Perrin 1982). En la Antártica, las orcas se han registrado alrededor de todo este continente incluyendo el Mar de Ross y el Mar de Weddell (Heyning y Dahlheim 1988). Matkin y Leatherwood (1986) mencionan que la imagen de la distribución y abundancia relativa de las orcas refleja más los esfuerzos de observación que la densidad real de las orcas en diferentes áreas.

Distribución en México

Dada la amplia distribución de las orcas, esta especie se distribuye en todo el Pacífico mexicano aunque su presencia en determinadas áreas puede considerarse sólo como ocasional (Acevedo y Fleischer 1987). En las aguas adyacentes a la costa continental de México, es frecuente observarlas frente a las costas de Baja California, principalmente en las cercanías de las islas con loberas de *Zalophus californianus*. Con base en los informes de los barcos atuneros, a las orcas se les ha encontrado desde Cabo San Lucas hasta el Ecuador (Dahlheim *et al.* 1982, Leatherwood *et al.* 1982).

Acevedo y Fleischer (1987) realizaron un trabajo sobre la distribución de orcas en México encontrando que la ocurrencia de esta especie es en localidades como: Islas San Benito, Loreto, región sureste de la Isla Tiburón y el Golfo de California. Esta distribución tiene relación aparente con los periodos de abundancia de presas potenciales. Urbán y Aguayo (1985) informan de avistamientos de orcas en aguas de la costa occidental de Baja California, al norte de la Isla San Jerónimo.

Aguayo (1985) así como Pérez Bouchez y Gordillo Morales (2002) informan sobre la presencia de esta especie en aguas del Golfo de Tehuantepec y en el corredor turístico Huatulco–Puerto Escondido, Oaxaca. Sarti *et al.* (1994) reportan el avistamiento de una orca frente a

la costa de Mexiquillo, Michoacán. Salinas y Bourillón (1988) así como Esquivel *et al.* (1993) y personal del Grupo de Mastozoología Marina, de la Facultad de Ciencias, UNAM han registrado avistamientos de orcas en la Bahía Banderas, Nayarit-Jalisco desde los 1980. Salinas Zacarias y Ladrón de Guevara Porras (1993) y personal del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias, UNAM mencionan la presencia de orcas en la región de las Islas Revillagigedo.

En el Golfo de México, Ortega Ortiz (2002) realizó un estudio sobre la distribución de cetáceos en el cual reportó el avistamiento de una orca en la Bahía de Campeche. Antochiw Alonso y Membrillo Venegas (1998) registraron tres avistamientos al norte de la Península de Yucatán; dos en Dzilam de Bravo y uno en El Cuyo (Ortega Ortiz 2002).

Alimentación

Las orcas son los depredadores marinos de mayor nivel trófico y el conocimiento de su dieta proviene de la observación directa en actividades de depredación y de los restos estomacales de animales varados (Ford y Ellis 1999). Las orcas se alimentan de una gran variedad de presas en las que se incluyen calamares, pulpos, peces óseos, elasmobranquios, tortugas y aves marinas. Todas las familias de mamíferos marinos, exceptuando a los delfines de río y manatíes, se han reportado como presas de orcas. Aunque las principales presas de las orcas son animales marinos se han registrado ataques a animales terrestres de sangre caliente tales como venados y cerdos. Esto último ocurre principalmente en la Columbia Británica y Alaska donde estos animales al momento de cruzar nadando los canales y/o estrechos pueden ser atacados por orcas (Baird 2000; Castello 1977; Esquivel *et al.* 1993; Fertl *et al.* 1996; Ford y Ellis 1999; Heyning y Dahlheim 1988; Jefferson *et al.* 1991; Morton 1990; Visser 1999; Cuadro 1). A pesar de que la mayoría de las presas son atacadas en el agua, algunas orcas se varan premeditadamente para atacar a sus presas como sucede en el

Archipiélago Crozet y en Punta Norte, Argentina (Baird 2000). Jefferson *et al.* (1991) mencionan que las conductas de depredación de las orcas se han observado sobre 20 especies de cetáceos, 14 especies de pinnípedos así como sobre nutrias marinas y dugongos.

Las conductas de alimentación en orcas transeúntes se pueden dividir en dos tipos: alimentación fuera de la costa y alimentación cerca de la costa. El comportamiento durante la alimentación cerca de la costa se caracteriza porque los animales siguen el contorno de la línea costera, rodean arrecifes e islas, cambian, constantemente de dirección y pueden nadar en aguas poco profundas.

La alimentación fuera de la costa se caracteriza por los cambios frecuentes en la dirección del rumbo, la ausencia de las vocalizaciones y los despliegues conductuales. Una vez que una presa ha sido capturada, se observan conductas como saltos y coletazos sobre la presa (Baird y Stacey 1988, 1989; Baird 2000). Baird y Stacey (1988) creen que este tipo de alimentación se utiliza principalmente cuando la presa es algún cetáceo.

El uso de la ecolocalización en la forma de alimentación y detección de presas varía dramáticamente entre las dos formas de orcas (Barreto Lennard *et al.* 1996 en Bowen *et al.* 2002). Las orcas residentes producen sonidos duraderos y frecuentes, mientras que en las orcas transeúntes los sonidos son aislados y poco frecuentes. Esta diferencia en el comportamiento vocal deriva de que las orcas transeúntes pueden alertar a algunas de sus presas que son capaces de detectar las altas frecuencias de los sonidos de ecolocalización. Las presas de las orcas residentes son incapaces de detectar estas señales. Es probable que las orcas transeúntes dependan más de la visión que de la ecolocalización para detectar a sus presas (Bowen *et al.* 2002).

Cuadro 1. Presas registradas de las orcas en varias regiones del mundo.

| Presas | Localidad | Referencia |
|--|---|--|
| Cetáceos Misticetos: 8 spp Odontocetos: 14 spp | Ártico, Mar de Bering, Japón, Groenlandia, Alaska, Columbia Británica, California, Baja California, Océano Índico, Australia, Nueva Zelanda, Antártico. | Dahlheim <i>et al.</i> 1982, Flores Gonzalez <i>et al.</i> 1998, Hoyt 1981, Jefferson <i>et al.</i> 1991, Martinez y Klinghammer 1970, Perrin 1982, Visser 1999, Whitehead y Glass 1985. |
| Pinnípedos: 14 spp | Ártico, Mar de Bering, Japón, Dinamarca, Vancouver, Puget Sound, California, Baja California, Patagonia, Antártica. | Baird y Stacey 1988, 1989, Dahlheim <i>et al.</i> 1982, Hoyt 1981, Jefferson <i>et al.</i> 1991, Martinez y Klinghammer 1970, Morton 1990, Smith <i>et al.</i> 1981 |
| Mustélidos: 1 spp | Pacífico Norte, Islas Buriles. | Hoyt 1981, Jefferson <i>et al.</i> 1991 Martinez y Klinghammer 1970. |
| Sirenios: 1 spp | Australia occidental. | Jefferson <i>et al.</i> 1991. |
| Mamíferos terrestres: 3 spp | Columbia Británica, Alaska, EUA. | Ford y Ellis 1999. |
| Aves marinas: 9 spp | Vancouver, Columbia Británica, Océano Índico, Atlántico Austral, Antártica. | Hoyt 1981, Morton 1990. |
| Reptiles: 2 spp | Nayarit, Michoacán, Is. San Vicente; México. | Esquivel <i>et al.</i> 1993, Hoyt 1981. |
| Peces: 31 spp | Ártico, Japón, Noruega, Alaska, Puget Sound, California, Marruecos, Brasil, Océano Índico, Tasmania. | Dahlheim <i>et al.</i> 1982, Hoyt 1981, Martinez y Klinghammer 1970, Perrin 1982. |
| Elasmobranquios: 3 spp | Pacífico Nororiental, Costa Rica, Brasil | Castello 1977, Dahlheim <i>et al.</i> 1982, Fert <i>et al.</i> 1996, Martinez y Klinghammer 1970. |
| Cefalópodos: 2 spp | Japón, Is. Kuriles, Noruega, Puget Sound, California. | Hoyt 1981, Perrin 1982. |

ANTECEDENTES

La ballena jorobada en el Pacífico mexicano

Parte de la subpoblación americana de ballena jorobada se distribuye en aguas del Pacífico mexicano definiéndose tres subregiones de concentración invernal: 1) La costa Occidental de Baja California desde la Isla Cedros en la parte Oeste de la península hasta Loreto en el lado Oriental; 2) La costa Occidental de México, desde Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec incluyendo las aguas aledañas a las Islas Isabel y Mariás y 3) el Archipiélago de Revillagigedo, que comprende las Islas Socorro, Clarión, Roca Partida y San Benedicto. (Ladrón de Guevara Porras 1995; Figura 5).

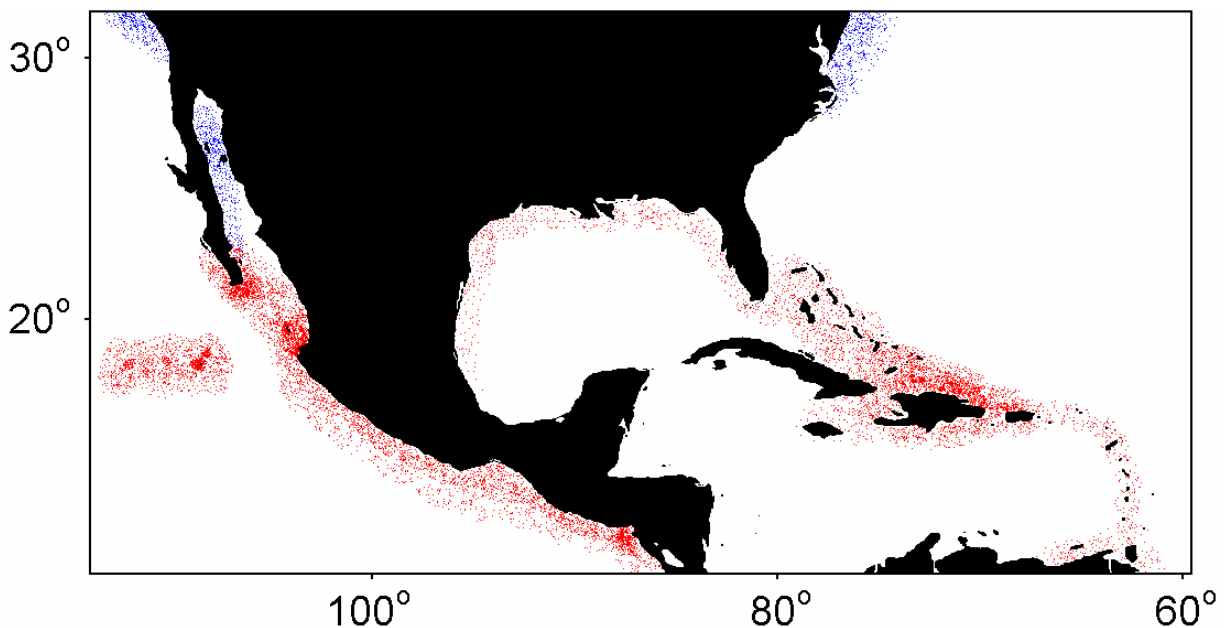


Figura 5. Distribución de las ballenas jorobadas alrededor de México. En azul se indican zonas de alimentación durante el verano y en rojo zonas invernales de reproducción.

En la Bahía Banderas las ballenas jorobadas se pueden ver desde la primera semana de octubre y las últimas pueden partir hasta

mediados de abril. La mayor abundancia se presenta entre la primera semana de enero y la segunda semana de febrero variando cada año de acuerdo con el desplazamiento de las masas de agua (Ladrón de Guevara Porras 1995).

En la Isla Socorro, las ballenas se observan desde diciembre hasta principios de mayo. Durante la segunda quincena de febrero y la primera de marzo se registra el mayor número de animales en la zona. En Los Cabos, Baja California Sur, las ballenas se presentan de enero a abril y el máximo de animales ocurre durante marzo (Campos Ramos 1989; Urbán y Aguayo 1987).

Las ballenas jorobadas pueden encontrarse solitarias o formando distintas agrupaciones. Las agrupaciones y conductas que se han observado en la zonas de reproducción son: animales solitarios ya sea machos y hembras; machos solitarios en actividad de canto; parejas de adultos y/o jóvenes; hembras con cría; hembras con crías y una escolta que normalmente es un macho y grupos de machos con actividad en superficie que pueden incluir una hembra o una hembra con cría (Clapham *et al.* 1992). En la Bahía Banderas las agrupaciones con cría se distribuyen en profundidades menores a los 100 m, de uno a cuatro kilómetros de distancia hacia la costa. Posiblemente esta distribución en aguas someras permita a las hembras con crías tener mejores condiciones para amamantarlas, mantenerlas alejadas de las fuertes corrientes y del ataque de depredadores. Las agrupaciones sin cría se encuentran más alejadas de la costa, de dos a cuatro kilómetros y en aguas de 10 a más de 100 m de profundidad. Las agrupaciones de cantores y parejas pueden estar presentes en lugares con profundidades de 500 a 1000 m. Los animales solitarios son los únicos presentes en zonas con más de 1000 m de profundidad (Ladrón de Guevara Porras 1995). En la Isla Socorro las agrupaciones que presentan crías se localizan en promedio a 200 m de distancia de la costa y en aguas con profundidades de 50 m y las que no presentan crías se ubican en promedio a 1000 m alejadas de la costa. La distribución de los cantores parece estar relacionada con condiciones

adecuadas para la emisión y propagación del canto (Campos Ramos 1989; Salas Rodarte 1993).

Diversas estimaciones sobre el tamaño poblacional de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano calculan un total de 1,813 ballenas para Baja California y la costa de México (918-2505) y 914 ballenas para el Archipiélago de Revillagigedo (590-1193). El mínimo de ballenas en el Pacífico mexicano es de 1,500 y el máximo es de 2,700 animales (Urbán *et al.* 1999). A pesar de que la ballena jorobada se está recuperando de la caza comercial a la que fue sujeta, esta especie aun se encuentra bajo protección. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 esta especie está sujeta a protección especial; esta categoría se enfoca a especies que pueden estar amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad.

Observación turística de ballenas en el Pacífico mexicano

El ecoturismo es una actividad que debe estar desarrollada correctamente para que se convierta en una forma sustentable de aprovechar un recurso natural sin afectarlo. La observación de ballenas es una actividad turística en expansión que contribuye significativamente a la economía de varios países. En las costas mexicanas según Hoyt (2001), en 1998, la observación de ballenas dejó una derrama económica de poco más 41 millones de dólares.

Al irse recuperando algunas poblaciones de ballenas de los efectos de devastación y comercialización causados por los balleneros en el pasado, esta actividad aparentemente inofensiva se ha ido convirtiendo en una gran industria mundial. Sin embargo, en ausencia de correctas reglas de observación, esta actividad puede representar nuevos peligros para las ballenas. La observación de ballenas en vida libre no debe afectar ni cambiar las hábitos de las poblaciones tales como las tasas de natalidad y mortandad, su distribución y sus patrones conductuales (IFAW 1995 en Mosig Riedl 1998).

México ha seguido tradicionalmente una política conservacionista de los mamíferos marinos. La primera regulación de actividades de observación de ballenas fue para la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) y su hábitat en 1996 al publicarse la primera Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-074-ECOL-1996 donde se presenta de manera extensa las prohibiciones y reglas que debe seguir una embarcación y el turista. Esta actividad en los últimos 10 años se ha expandido a la ballena jorobada. Investigaciones en diversas regiones han demostrado que, aunque la observación de ballena jorobada se ve como un recurso explotable, se deben de evaluar los patrones de comportamiento y distribución para que esta actividad pueda desarrollarse de una manera sustentable. Por esto, en 1998 se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-131-ECOL-1998 donde se establecen los lineamientos y especificaciones para la observación de ballenas con fines turísticos y científicos.

En las zonas de reproducción de ballenas de nuestro país, principalmente en Baja California Sur y Bahía Banderas, Nay-Jal en los últimos años ha aumentado la afluencia de turistas para observar a las ballenas jorobadas y la conducta de los animales se afecta por estas actividades. Mosig Reidl (1998) analizó el efecto de la observación turística en el comportamiento de la ballena gris y encontró que los patrones de respiración son indicadores de la perturbación ocasionada por actividad de observación de ballenas, ya que los animales de esta especie realizan apneas más largas en presencia de embarcaciones lo que se interpreta como un comportamiento evasivo. Ávila Foucat (1998) realizó una propuesta de lineamientos y estrategias para la observación turística de ballena jorobada donde establece los puntos más importantes para la realización de esta actividad: 1) La expedición limitada de permisos para la observación de ballenas; 2) 30 m como distancia mínima de acercamiento; 3) Rutas de navegación que limiten la zona de observación; 4) Máximo de tiempo de observación por embarcación; 5) Velocidad de 5 a 6 nudos para el acercamiento; 6) Dos embarcaciones, como máximo, observando una ballena y 7) No

observación de hembras con crías. Villavicencio Llamosas (2000) encontró que el acercamiento de embarcaciones afecta a las ballenas jorobadas en dependencia del sexo y estado reproductivo así como en las actividades que las ballenas estén realizando al momento del acercamiento. Un estudio prospectivo en la Bahía Banderas demostró que, en un radio de 4 millas náuticas, hay una relación inversa entre el tránsito de embarcaciones y la actividad en superficie de las ballenas jorobadas (Medrano González 1993). Díaz Gamboa (2005) realizó un estudio sobre la interacción de la actividad turística con las ballenas jorobadas en las costas de Nayarit y Jalisco y encontró que el paso y estancia de las embarcaciones provocan cambios tanto en las conductas como en las tasas de ventilación de los animales y que estos efectos son mayores en agrupaciones donde se presentan crías y en agrupaciones de baja actividad como son los animales solos y cantores. Asimismo, este autor encontró que las agrupaciones con cría se observan en forma rutinaria y que en estas agrupaciones se viola por más tiempo la parte de la NOM-131-ECOL-1998 que establece un máximo de dos embarcaciones por agrupación de ballenas.

En la Bahía Banderas no existe documentación detallada que describa el inicio de la observación de ballenas, la poca información que existe menciona que para el 2000 había aproximadamente 150 embarcaciones dedicadas a esta actividad (Avila Foucat y Saad Alvarado 1998)

Depredación de ballenas jorobadas por orcas

La depredación puede tener efectos considerables en la ecología social de las especies y poco se sabe sobre esto en las ballenas jorobadas (Clapham 2000). Las orcas se consideran los principales depredadores de mamíferos marinos. Las observaciones de ataques mortales sobre mysticetos son escasas habiendo registros en la ballena gris

(*Eschrichtius robustus*; Baldrige 1972; Morejohn 1968), la ballena azul (*Balaenoptera musculus*; Jefferson *et al.* 1991), el rorcual común (*Balaenoptera physalus*; Jefferson *et al.* 1991), la ballena de Bryde (*Balaenoptera edeni*; Rodríguez y Brennan 1994), la ballena de Minke (*Balaenoptera acutorostrata*; Hancock 1965) y la ballena jorobada (Fertl *et al.* 1996; Paterson y Paterson 2001; Whitehead y Glass 1985; Cuadro 1). Ataques de orcas a ballenas jorobadas se han observado en varias regiones del mundo (Cuadro 2).

Debido a que las ballenas jorobadas migran miles de kilómetros cada año de las zonas de alimentación a las zonas de reproducción, se cree que los encuentros de depredación de orcas se realizan en la mayoría de los casos durante las rutas de migración (Corkeron y Connor 1999). Clapham (2000) sugiere que los ataques de orcas ocurren en la mayoría de los casos sobre crías recién nacidas. En años recientes, en la Bahía Banderas, Nayarit-Jalisco, se han registrado algunos ataques mortales a crías de ballenas jorobadas. Este trabajo trata sobre ese fenómeno.

El análisis de fotografías de las aletas caudales (y/o de alguna parte del cuerpo) de las ballenas jorobadas muestra evidencia de ataques de orcas debido a la presencia de marcas de dientes e incluso pérdida de alguna parte de la aleta caudal (Clapham 2000; Whitehead y Glass 1985). Calambokidis (comentario personal a Ford y Ellis 1999) encontró que entre el 5 y 10 % de las aletas caudales de ballenas jorobadas fotoidentificadas en la Columbia Británica y el sureste de Alaska presentan marcas causadas por mordidas de orcas. Katona *et al.* (1980) mencionan que el 33 % de las caudales de ballenas jorobadas en el Atlántico Norte poseen cicatrices causadas por orcas. Esta incidencia de marcas sugiere que las ballenas jorobadas escapan a menudo de los ataques de las orcas y que estos ataques son más frecuentes que las observaciones que podrían constatar esta interacción ecológica (Ford y Ellis 1999).

Cuadro 2. Ataques a ballenas jorobadas por orcas en diferentes partes del mundo.

| Año | Localidad | Referencias |
|------------|-----------------------------------|--|
| - | Isla Isabel, México | Asper E. en Jefferson <i>et al.</i> 1991 |
| - | Australia | Tomilin 1957 |
| 1979 | Punta Halibut, EUA | Katona <i>et al.</i> 1988 |
| 1979 | Alaska Suroriental | Lockley 1979 |
| 1982 | Terranova, Canadá | Whitehead y Glass 1985 |
| 1983 | Sureste de Alaska | D´vincent <i>et al.</i> 1989 |
| 1983 | Terranova, Canadá | Whitehead y Glass 1985 |
| 1985 | Alaska Suroriental | Folkens, P. en Jefferson <i>et al.</i> 1991 |
| 1987 | Alaska Suroriental | D´vincent <i>et al.</i> 1989 |
| 1988 | Alaska Suroriental | D´vincent <i>et al.</i> 1989 |
| 1988 | Atlántico Nororiental | Katona <i>et al.</i> 1988 |
| 1990 | Punta Brandt, EUA | Gormley 1990 |
| 1991 | Isla Gorgona, Colombia | Florez González <i>et al.</i> 1994 |
| 1996 | Estrecho de Bransfield, Antártica | Medrano González (com. pers.) |
| 1999 | Punta Lookout, Australia | Paterson y Paterson 2001 |
| 2002 | Bahía Banderas, México | Rosales Nanduca y Ruiz Rodríguez (com.pers.) |
| 2003 | Bahía Banderas, México | Frisch Jordan (com. pers.) |

ZONA DE ESTUDIO

La Bahía Banderas es una de las grandes bahías del litoral mexicano y se encuentra en la Boca del Golfo de California. La Bahía Banderas se encuentra al pie de la Sierra Madre Occidental y forma parte de la Faja Costera de Sinaloa y Nayarit la cual se extiende a lo largo del Océano Pacífico y una porción del Golfo de California. El litoral de esta bahía está conformado en la parte norte por las costas de Nayarit y en la parte sur por las costas de Jalisco. La bahía se localiza entre los paralelos $20^{\circ} 15'$ y $20^{\circ} 47'$ N y entre los meridianos $105^{\circ} 15'$ y $105^{\circ} 42'$ W. Sus límites son Punta Mita, Nay. al norte ($20^{\circ} 46'$ N y $105^{\circ} 32'$ W) y Cabo Corrientes, Jal. al sur ($20^{\circ} 24'$ N y $105^{\circ} 43'$ W). Al oriente, la bahía está delimitada por la línea de costa de Puerto Vallarta, Jal. y al oeste por una línea imaginaria de 23.4 millas náuticas (mn) que une a Punta Mita con Cabo Corrientes. La bahía tiene un área total de 987 km². En la parte noroccidental, se encuentra el Archipiélago de las Islas Marietas el cual consta de tres pequeñas islas. La más grande es la Isla Redonda y se localiza en la posición $20^{\circ} 41'$ N y $105^{\circ} 35'$ W. Más al Oeste, se encuentra la Isla Larga en la posición $20^{\circ} 41'$ N y $105^{\circ} 36'$ W. Al WSW de la Isla Larga, se localiza el islote El Morro (Dirección General de Oceanografía 1979; Salinas y Bourillón 1988; Figura 6).

La isobata de los 200 m divide a la bahía por la mitad al cruzar aproximadamente por la parte media latitudinal delimitando una porción norte y una sur. Las aguas de la porción norte son someras de tipo costero pues se encuentran casi en su totalidad sobre la plataforma continental. La plataforma continental en la parte norte es ancha alcanzando una extensión promedio de 18 mn, esta franja se angosta paulatinamente hacia la parte interior de la bahía con un promedio de 4.5 mn frente a la Cruz de Huanacastle y hasta Puerto Vallarta.

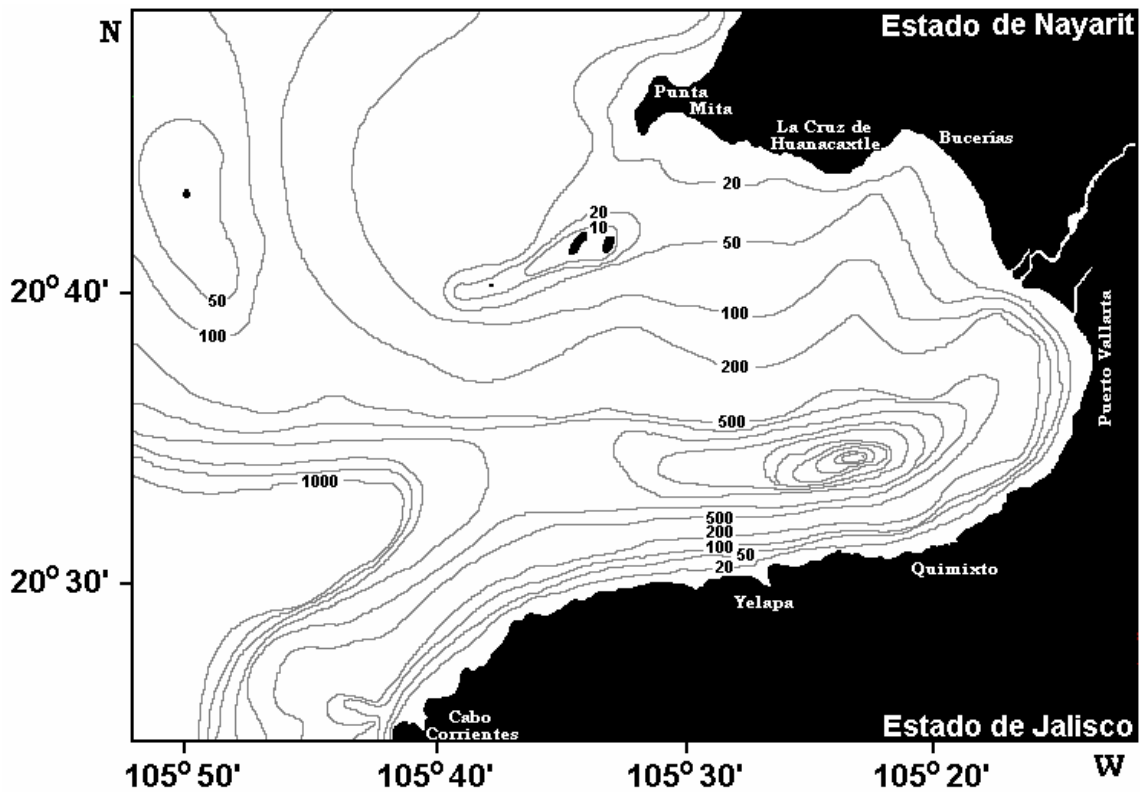


Figura 6. Mapa de la Bahía Banderas mostrando la batimetría en m. Tomado de Ladrón de Guevara Porras (1995).

En la porción sur, las profundidades se incrementan gradualmente hacia el sureste; frente a las costas de Quimixto y Yelapa se localiza una fosa con una profundidad de 1436 m. La pendiente en la parte sur es abrupta por lo que se pueden encontrar profundidades de hasta 1200 m a una distancia de 0.25 mn. La plataforma se angosta a 3 mn frente a Mismaloya y a 1.5 mn frente a Cabo Corrientes (Salinas y Bourillón 1988).

Las masas de agua que ejercen mayor influencia en la bahía son la Corriente de California y la Corriente Costera de Costa Rica. La temperatura superficial es en promedio de 23.6 °C para el invierno, 26.6 °C para la primavera, 28.5 °C para el verano y 26.8 °C para el otoño (Salinas y Bourillón 1988).

La costa norte de Bahía Banderas, desde Punta Mita hasta Bucerías, es baja y arenosa, constituida mayormente por acantilados de

3 a 15 m de altura; la costa oriental que va de Bucerías hasta Boca de Tomatlán, se compone por extensas playas arenosas. La costa sur, que va de Boca de Tomatlán hasta Cabo Corrientes, presenta costas altas con numerosos acantilados entre los que se pueden encontrar valles y numerosas playas.

La Bahía Banderas está rodeada por una cadena montañosa poco elevada constituida por cuatro sierras: la Sierra Vallejo al norte, la Sierra El Caules al este, la Sierra El Tuito al sureste y la Sierra Lagunillas al sur. El Caules y El Tuito, al tener cumbres elevadas, son cuencas que captan humedad de los vientos provenientes del mar desde el norte y noroeste (Anónimo 1975 en Salinas y Bourillón 1988).

Según la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), la Bahía Banderas presenta un clima tipo A(C)W(W), esto es, semicálido subhúmedo fresco con lluvias en Verano. Dentro de este tipo, podemos encontrar tres subtipos climáticos: el más húmedo AW₂ (W), el de humedad media AW₁ (W) y el de menos humedad AW₀ (W). Esta variedad de climas permite a la Bahía Banderas tener una gran variedad de vegetación habiendo en sus alrededores selva media subcaducifolia, matorral subtropical, palmares, regiones de pastizal y sembradíos de riego temporal. (Anónimo 1981 en Salinas y Bourillón 1988).

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

La fauna de mamíferos en México es una de las más diversas y en términos del número de especies, ocupa el segundo lugar mundial (Arita y Ceballos 1997). La riqueza de especies marinas es el resultado de la interrelación de varios factores como la posición geográfica, la variedad de ambientes marinos y costeros, la circulación y variaciones espacio-temporales de las corrientes marinas, y la historia geológica del país (De la Lanza 1991). Para México se han registrado 47 especies de mamíferos marinos de los órdenes Cetacea (40 spp), Carnivora (6 spp) y Sirenia (1 sp). La mastofauna marina de México presenta organismos con afinidades biogeográficas muy diversas ya que se pueden encontrar especies del Pacífico, Atlántico, pantropicales, de aguas frías e incluso una endémica (Torres *et al.* 1995).

La investigación científica en México sobre los mamíferos marinos en vida libre se ha enfocado a especies como la ballena gris, la ballena jorobada, la ballena azul, la tonina (*Tursiops truncatus*), el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) y el manatí (*Trichechus manatus*) en temas como la distribución, abundancia, dinámica poblacional, movimientos migratorios, energética, genética y biología de la reproducción (Islas Villanueva 2002, Luna López 2001, Morales Vela 2000, Nolasco Soto 2003, y Salazar Godoy 1989). El Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias UNAM inició recientemente investigaciones sobre especies poco estudiadas como el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), el cachalote enano (*Kogia sima*) y la orca.

Muchos reportes sobre orcas en México son observaciones aisladas de su presencia y/o de sus ataques (p.ej. Pérez Bouchez y Gordillo Morales 2002; Sarti *et al.* 1994). Acevedo y Fleischer (1987) realizaron un estudio sobre la distribución de orcas en México. Estos autores sugieren que la orca se distribuye en todo el Pacífico Mexicano con una ocurrencia frecuente en el Golfo de California. Guerrero-Ruiz *et*

al. (1998) realizaron un estudio sobre la distribución, movimientos y características de la población de orcas en el Golfo de California.

En este trabajo examino las observaciones de orcas hechas por el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias de 1992 a 2004 en la costa de Oaxaca, la Bahía Banderas y Baja California Sur para establecer los patrones de ocurrencia y hacer una primera estimación del tamaño poblacional de estos animales y su estructura social en el Pacífico Tropical Mexicano. Examino el aparente incremento en los ataques de orcas a las ballenas jorobadas en la Bahía Banderas a través de observaciones y del análisis de las marcas de orcas en el catálogo de fotoidentificación de ballenas jorobadas de la Bahía Banderas. Analizo también el cambio en la distribución de las ballenas jorobadas hembras con cría en relación con el incremento del turismo de observación de ballenas y la posibilidad de que este cambio tenga relación con el aumento aparente de los ataques de orcas a las crías de ballenas jorobadas.

Objetivos

- Determinar cambios en la distribución de hembras con crías de ballenas jorobadas en la Bahía Banderas y aguas adyacentes, en relación con el desarrollo turístico y el aparente incremento en la depredación de crías de ballenas jorobadas por orcas.
- Examinar la ocurrencia de marcas por el ataque de orcas en las aletas caudales de ballenas jorobadas a través del tiempo.
- Identificar individualmente a las orcas que visitan la costa de Oaxaca, la Bahía Banderas y Los Cabos, BCS para establecer la estructura de sus manadas, sus patrones de ocurrencia y desarrollar una estimación de tamaño poblacional.

MÉTODOS

Trabajo de campo

Se hicieron visitas a la Bahía Banderas de enero a marzo del 2003 y 2004 realizando navegaciones en embarcaciones menores con recorridos sin rumbo preestablecido pero procurando incluir toda la bahía y aguas adyacentes (Cuadro 3). En cada avistamiento de mamíferos marinos, se anotó la hora, número serial, especie, posición geográfica mediante un GPS, tipo y tamaño de la agrupación, temperatura superficial del agua, nubosidad, visibilidad y oleaje así como observaciones relevantes.

Cuadro 3. Visitas a la Bahía Banderas durante los inviernos de 2003 y 2004.

| | Navegación | | Observación de mamíferos marinos (h: min) | Avistamientos de ballenas jorobadas | Avistamientos de orcas |
|-------------------|------------|----------------|---|-------------------------------------|------------------------|
| | (días) | (h: min) | | | |
| Ene 2003 | 11 | 140: 33 | 34: 09 | 95 | 1 |
| Feb 2003 | 16 | 89: 03 | 44: 36 | 138 | - |
| Mar 2003 | 24 | 164: 36 | 72: 54 | 130 | - |
| Total 2003 | 51 | 394: 12 | 151: 39 | 363 | 1 |
| Ene 2004 | 9 | 49: 30 | 26: 03 | 92 | - |
| Feb 2004 | 21 | 115: 09 | 52: 57 | 290 | 1 |
| Mar 2004 | 23 | 134: 06 | 66: 28 | 109 | - |
| Total 2004 | 53 | 298: 45 | 145: 28 | 491 | 1 |
| Total | 104 | 692: 57 | 297: 07 | 854 | 2 |

Fotoidentificación

Las ballenas jorobadas y orcas se identificaron mediante fotografías utilizando una cámara reflex de 35 mm con telefoto 70 – 300 mm y película blanco y negro 400 ASA. En la ballena jorobada se fotografió la cara ventral de la aleta caudal para examinar su forma, coloración y presencia de cicatrices así como ambos lados de la aleta dorsal. De las orcas se fotografiaron la aleta dorsal para examinar su forma, tamaño y presencia de cicatrices así como la mancha post-dorsal.

Análisis de datos

Distribución de ballenas jorobadas hembras con cría: Se recopiló la información de avistamientos de este tipo de agrupación desde 1983 hasta 2004 hecha por el Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias, UNAM. Los años se dividieron en diferentes grupos (1983, 1984-1988, 1989-1990, 1997-1999, 2001-2003 y 2004) con el fin de homogenizar la cantidad de datos.

Por cada grupo de avistamientos se georeferenciaron los avistamientos para determinar si existe algún cambio en la distribución espacial a través del tiempo; se examinaron los cambios en la profundidad promedio así como la frecuencia de hembras con cría en profundidades mayores a 100 m y menores a 30 m. Por cada grupo de avistamientos también se analizó la dispersión de las hembras con cría utilizando la desviación estándar entre avistamientos, en millas náuticas, de la longitud y latitud promedio. La dispersión en longitud se corrigió como $S_{long} = 1.077 D_{long}$ donde D_{long} es la dispersión en escala de longitud y S_{long} la dispersión longitudinal en millas náuticas. La dispersión total (**A**) se determinó como el área de la elipse que forman la dispersión en longitud (S_{long}) y latitud (S_{lat}), esto es:

$$A = \pi \frac{1}{2} S_{long} \frac{1}{2} S_{lat}$$

Marcas de orcas en ballenas jorobadas: Se examinó el catálogo de fotoidentificación de ballenas jorobadas del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias UNAM, que tiene información recabada desde 1986 hasta 2004, para determinar la fracción de ballenas jorobadas que presentan algún indicio de ataque de orca, como la presencia de marcas de dientes e incluso la mutilación de alguna parte de la aleta caudal. Las marcas típicas de los dientes de orcas se caracterizan por ser lineales y paralelas. Se utilizó una escala en el grado de marcaje como a continuación se muestra (Figura 7):

- Patrón 0: Sin marcas de orcas.
- Patrón 1: Marcaje leve. Hay pocas marcas sólo en una parte de la aleta caudal sin daño aparente.
- Patrón 2: Marcaje moderado. Marcas de dientes abundantes en dos o más partes de la aleta caudal.
- Patrón 3: Marcaje severo. Se presentan mutilaciones.



Marcaje 0



Marcaje leve



Marcaje moderado



Marcaje severo

Figura 7. Patrones de marcaje de orcas en aletas caudales de ballena jorobada.

Se examinó la relación entre la incidencia de marcas de ataques en ballenas jorobadas y la abundancia relativa de orcas. La frecuencia de marcas de orcas en ballenas jorobadas se calculó como el cociente entre el total de ballenas jorobadas que presentan alguna marca de ataque por orca y el total de ballenas fotoidentificadas. La frecuencia de orcas se calculó como el cociente entre el total de avistamientos de orcas y el total de horas de navegación. Estos análisis se realizaron para cada año a partir de 1986.

Asociaciones y movimientos de orcas: Parte del material fotográfico utilizado fue proporcionado por C. Esquivel Macias, así como por el personal de la Cooperativa Corral del Risco en la Bahía Banderas, del Centro Regional de Investigación Pesquera de la Cruz de Huanacastle (CRIP), Ecotours de México, Vallarta Adventures y Cielo Abierto (Cuadro 4). Todas las fotografías de orcas se compararon entre sí para conocer el número de individuos diferentes y el número de manadas de las que forman parte. De todas las fotografías de cada individuo se escogió la mejor para conformar un catálogo de fotoidentificación con código de identificación conteniendo la abreviatura del nombre científico de la especie (Oor), la localidad en la que fue fotografiado por primer vez (BB para Bahía Banderas, Oa para Oaxaca, SO para Isla Socorro y BCS para Baja California Sur), un caracter que hace referencia a la manada o manadas de las que forma parte y finalmente el número serial del individuo dentro de la manada.

Una manada se definió como la asociación de una orca con otra u otras orcas que se fotoidentificaron juntas en una o varias ocasiones. Se identificó preliminarmente el sexo de los individuos por la forma y tamaño de la aleta dorsal que es una característica sexualmente dimórfica en las orcas adultas.

Entre todos los pares de orcas **i** y **j** identificadas, se calculó un índice de asociación (**I_{ij}**) dentro de su manada como sigue:

$$I_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_i C_j}$$

donde C_{ij} es el número de capturas de los individuos i y j juntos, C_i es el total de capturas de i y C_j es el total de capturas de j . A partir de la matriz de asociación entre individuos se elaboraron diagramas que representan las asociaciones entre los individuos dentro de su manada correspondiente.

Cuadro 4. Avistamientos de orcas en la Bahía Banderas, Oaxaca y Baja California Sur de los que se obtuvieron identificaciones fotográficas.

| Avistamiento | Región | Fecha | # fotos | Fuente |
|--------------|--------|-----------|---------|------------------------------|
| 1 | BB | 23-Jul-92 | 7 | Esquivel C. (UNAM) |
| 2 | BB | 04-Mar-97 | 22 | Hernández S. (CRIP) |
| 3 | BB | 09-Mar-98 | 9 | Hernández S. (CRIP) |
| 4 | BB | 2000 | 20 | Robertson J. (Vallarta Adv.) |
| 5 | BB | 02-Ene-00 | 9 | Frisch A. (ECOTOURS) |
| 6 | BB | 14-Feb-01 | 22 | Olivera C. (Vallarta Adv.) |
| 7 | BB | 2002 | 23 | González C. (UNAM) |
| 8 | BB | 03-Jun-02 | 3 | Valencia E. (Coop. C. Risco) |
| 9 | BB | 26-Dic-02 | 8 | (Cielo Abierto) |
| 10 | BB | 29-Ene-03 | 36 | Autora en 2003 (UNAM) |
| 11 | BB | 01-Mar-03 | 42 | Frisch A. (ECOTOURS) |
| 12 | BB | 19-Mar-03 | 75 | Frisch A. (ECOTOURS) |
| 13 | BB | 22-Dic-03 | 18 | Diffin T. (Vallarta Adv.) |
| 14 | BB | 31-Dic-03 | 21 | Diffin T. (Vallarta Adv.) |
| 15 | BB | 08-Ene-04 | 36 | Frisch A. (ECOTOURS) |
| 16 | BB | 22-Ene-04 | 40 | Frisch A. (ECOTOURS) |
| 17 | BB | 07-Feb-04 | 20 | Diffin T. (Vallarta Adv.) |
| 18 | BB | 08-Feb-04 | 26 | Frisch A. (ECOTOURS) |
| 19 | BB | 08-Feb-04 | 6 | Autora en 2004 (UNAM) |
| 20 | OA | 11-Nov-95 | 5 | Esquivel C (UNAM). |
| 21 | BCS | 19-Ago-03 | 9 | Rosales H. (UNAM) |
| 22 | BCS | 14-Nov-03 | 12 | Juárez R. (UNAM) |

A partir de la matriz de asociaciones I_{ij} , se determinaron el promedio y las desviaciones estándar de las asociaciones macho-macho, macho-hembra y hembra-hembras

Con los datos de fotoidentificación obtenidos en Oaxaca, Nayarit y Baja California Sur (1992 – 2004), se hizo una estimación del tamaño poblacional aplicando tres estimadores de abundancia absoluta: 1) la modificación de Bailey para el estimador fundamental de Petersen. Este estimador se utiliza para poblaciones cerradas y su aplicación requiere de sólo dos muestras capturadas; 2) el modelo de Jolly – Seber. Este método se aplica a poblaciones abiertas y requiere capturas múltiples; 3) Dos estimadores propuestos por Darling – Morowitz (1986). El primero se basa en la tasa de aparición de nuevos individuos construyendo una gráfica donde en el eje de las abscisas se representa el número de identificaciones realizadas y en las ordenadas el número total de animales diferentes identificados. Este estimador se abreviará **Nid**. El segundo estimador se basa en la distribución de Bernoulli del número de animales capturados **j** veces. Este estimador se abreviará como **Ndc** (Apéndice 1). Para ambos casos, el estimador se determina eligiendo, el tamaño poblacional (**ne**) que mejor ajusta a los valores producidos por las formulas para la aparición de nuevos individuos y la distribución del número de capturas. En cada caso, los datos del número de individuos diferentes o del número de individuos capturados **j** veces obtenidos en la realidad (**X_{realj}**) se contrastan con los valores esperados para el tamaño poblacional en prueba (**X_{nej}**) para obtener una medida global de la bondad de ajuste (**B**) por dato como:

$$\mathbf{B} = -\sum_j^k (\mathbf{X}_{nej} - \mathbf{X}_{realj})^2 / k$$

donde **j** es cada dato de individuos diferentes o número de capturas y **k** es el total de datos. Se examinó también un estimador global sumando las bondades de ajuste de ambos estimadores. Debido a que el esfuerzo de captura de las orcas no es homogéneo, se utilizó también el programa FidFid2 (Medrano González 2004) para generar valores esperados de los datos simulando el esfuerzo real de captura con reemplazo en poblaciones de tamaño **ne**. Para cada **ne** propuesta, Fidfid2 realiza 100 simulaciones del

esfuerzo real de captura y contrasta los valores promedio simulados de los datos (\mathbf{X}_{ne_j}) con los reales (\mathbf{X}_{real_j}) y mediante la bondad de ajuste explicada arriba, determina el valor de **ne** que mejor se ajusta a los dos estimadores de Darling y Morowitz (1986) por separado y en conjunto.

RESULTADOS

Distribución de las hembras con cría de ballena jorobada

De 1983 a 2004, se observó un total de 224 avistamientos de ballenas jorobadas hembras con cría (Cuadro 5). La georreferenciación de estas agrupaciones muestra claramente un cambio en la distribución durante el periodo (Figura 8). Ladrón de Guevara Porras (1995) menciona que las hembras con cría de ballena jorobada tienen una preferencia para ubicarse en la parte norte de la Bahía Banderas, particularmente el área comprendida entre Punta Mita e Islas Marietas (Figura 8a, 8b y 8c). A finales de la década de los noventa se empieza a ver un desplazamiento marcado hacia el este de la bahía entre Destiladeras y Bucerías. La distribución de las hembras con cría dentro de la Bahía Banderas para el año 2004 es parcialmente distinta a la que presentaban en los años ochenta, habiéndose extendido la distribución hasta el este y sur de la bahía (Figura 8f).

Cuadro 5. Avistamientos de hembras con cría de ballena jorobada en la Bahía Banderas.

| Bahía Banderas | | |
|-----------------------|----------------------|----------------------------|
| Año | Avistamientos | Horas de navegación |
| 1983 | 27 | 85 |
| 1984-1988 | 37 | 287 |
| 1989-1990 | 41 | 288 |
| 1997-1999 | 49 | 362 |
| 2001-2003 | 39 | 588 |
| 2004 | 31 | 330 |
| Total | 224 | 1940 |

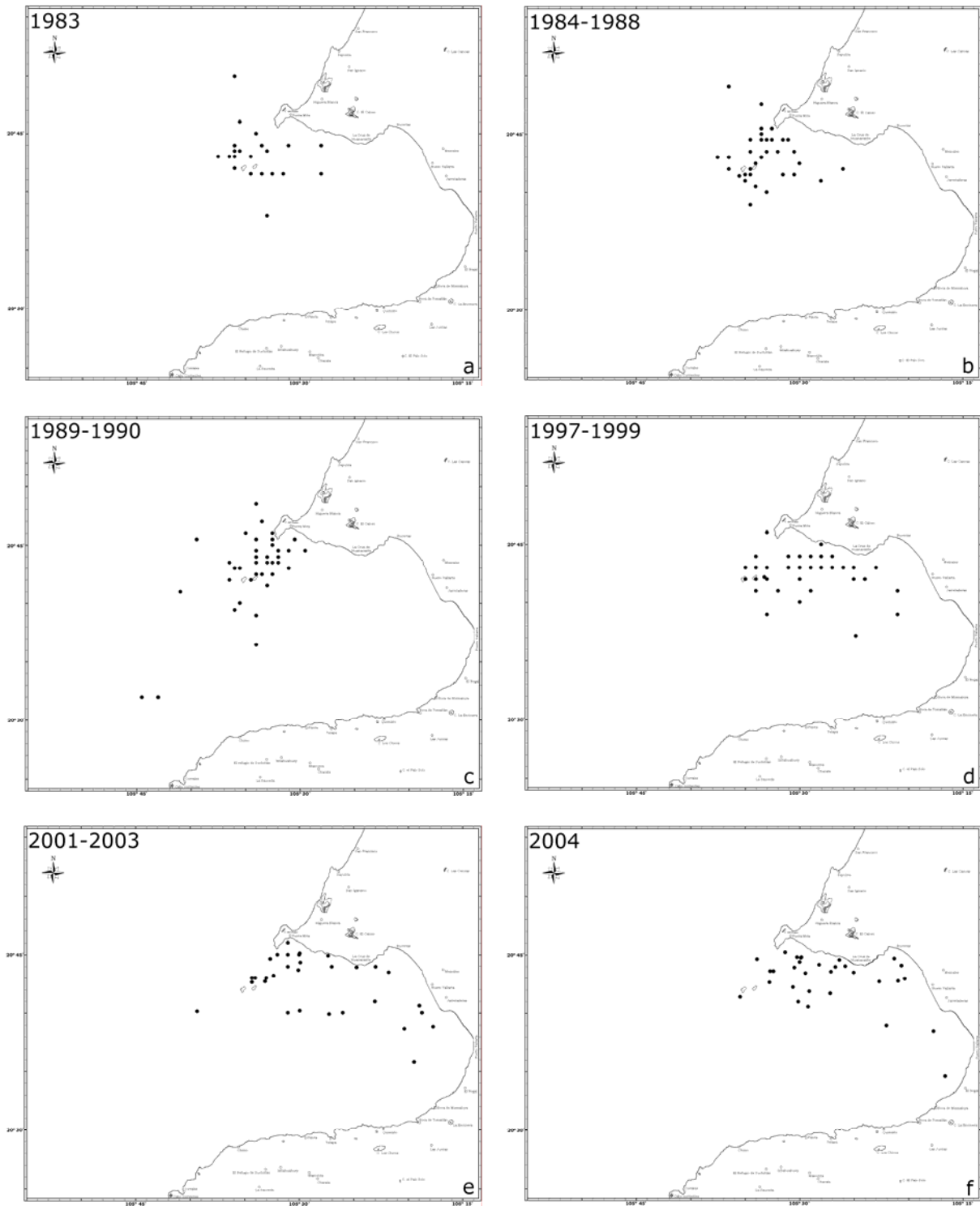


Figura 8. Distribución de las hembras con cría de ballena jorobada en la Bahía Banderas en los años de 1983 a 2004.

kilómetros. Esta preferencia de las hembras con cría se ha mantenido constante ubicándose en profundidades de alrededor de los 50 m con variaciones de hasta 100 m de profundidad (Figura 10a). La dispersión de las hembras con cría presenta fluctuaciones durante el periodo estudiado pero con una tendencia clara a incrementarse habiendo los valores mayores en los años de 2003 y 2004 (Figura 10b).

La frecuencia de hembras con cría que se distribuyen en profundidades menores a los 30 m es mayor que la frecuencia de hembras con cría que se distribuyen en profundidades mayores a los 100 m pero ambas tienden en general a incrementarse en el periodo examinado, especialmente la preferencia por profundidades menores a 30 m (Figura 10c).

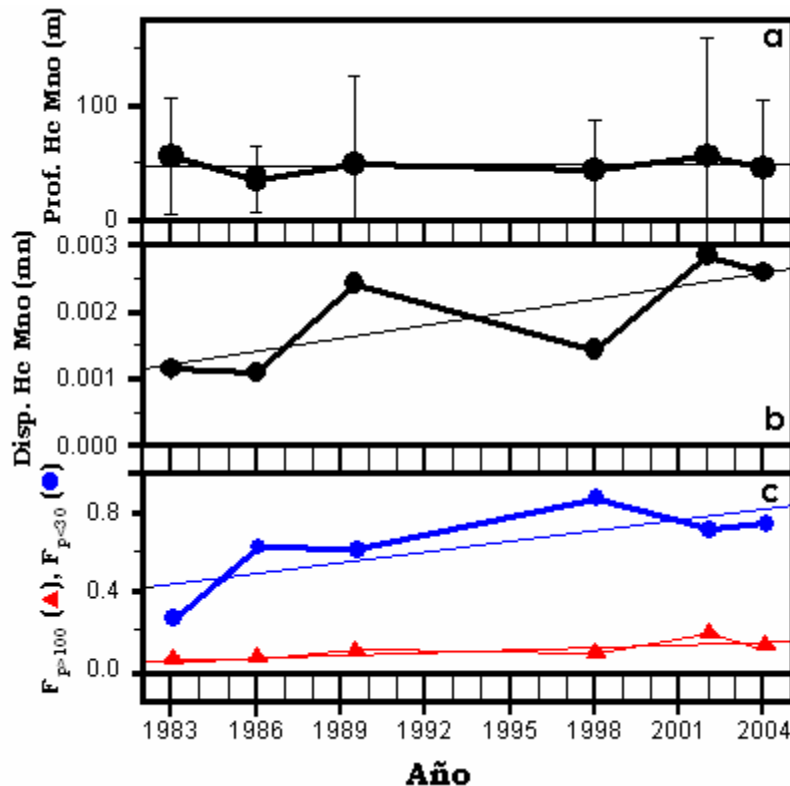


Figura 10. Variaciones anuales de la profundidad (a), dispersión (b) y frecuencia de la distribución en profundidades menores a 30 m (●) y mayores a 100 m (▲)(c) de las hembras con crías de ballena jorobada en la Bahía Banderas.

Marcas de ataques de orcas en ballenas jorobadas

Se examinaron 878 fotos de aletas caudales de ballenas jorobadas de Bahía Banderas de entre las cuales el 4% (34) presenta alguna evidencia de ataque dentro de los patrones de marcaje establecidos (Figura 7).

La ocurrencia de orcas en la Bahía Banderas y el grado de marcaje de las aletas de las jorobadas es en general inverso y no se observan cambios consistentes entre ocurrencia de orcas en la bahía y cambios en el grado de marcaje de las ballenas jorobadas. En 1987, la frecuencia de orcas fue 0.0194 orcas/h y la frecuencia de marcas para ese mismo año fue nula. En los años donde la frecuencia de marcas es alta (1988-1990, 1996 y 1999) la frecuencia de orcas es nula. En 1997, la ocurrencia de orcas fue relativamente alta (0.2447 orcas/h) mientras que la frecuencia de marcas en ese año y al año siguiente tuvo valores, bajos, 0 y 0.0714 respectivamente (Figuras 11 y 12).

El marcaje por orcas en las aletas caudales de las jorobadas y la ocurrencia de orcas en la Bahía Banderas aparentan ocurrir en forma intermitente y es posible que la ocurrencia de marcas en ballenas jorobadas durante 1998 y 2004 tengan relación, al menos parcialmente, con la ocurrencia relativamente elevada de orcas durante 1997 y 2000-2002 (Figura 11).

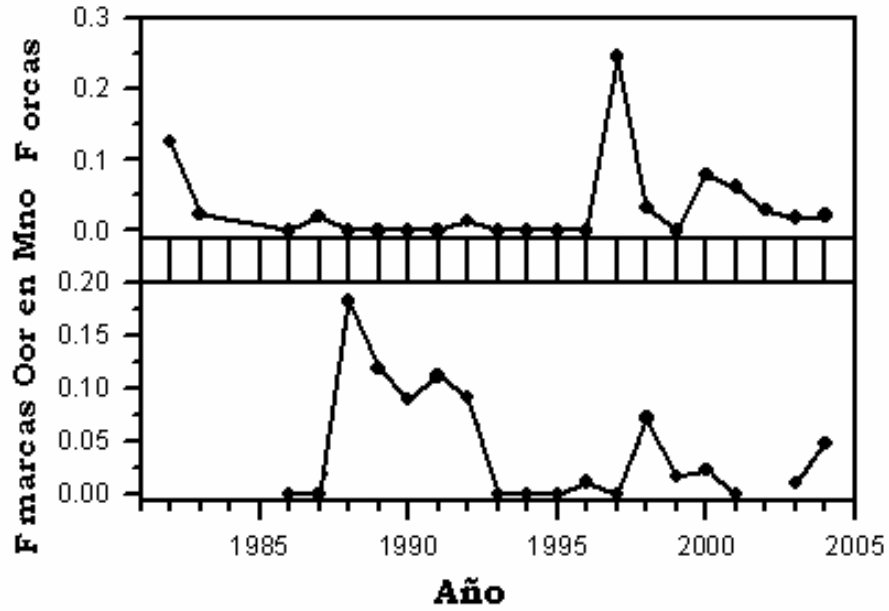


Figura 11. Perfiles temporales de ocurrencia de orcas y de sus marcas en aletas caudales de ballenas jorobadas en la Bahía Banderas.

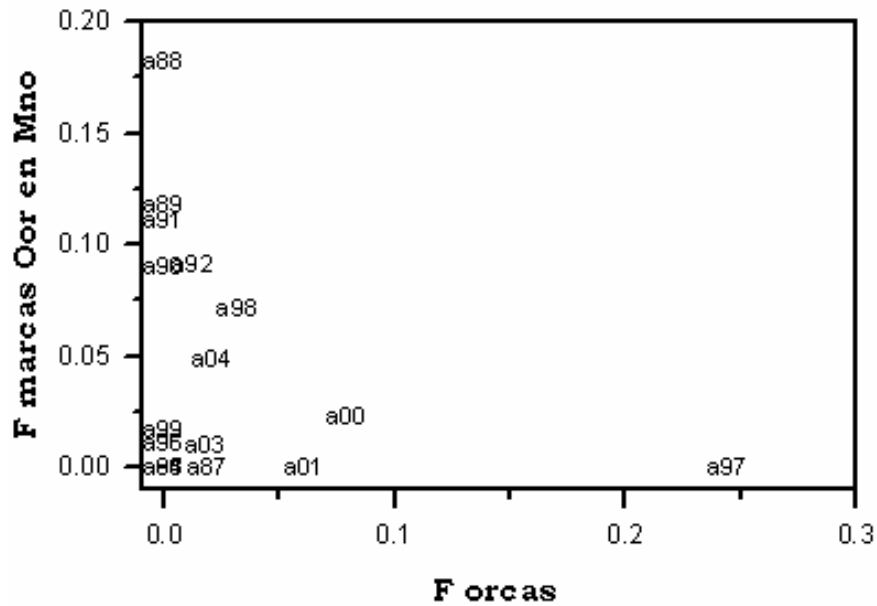


Figura 12. Relación de la frecuencia de marcas de orcas en ballenas jorobadas y la frecuencia de orcas en distintos años.

Asociaciones de orcas

Se obtuvieron 428 fotos de orcas identificadas de 1992 a 2004 de las cuales 401 corresponden a Bahía Banderas, cinco a Oaxaca y 22 a Baja California. Se identificaron en total 44 orcas diferentes agrupadas en siete manadas. En la Bahía Banderas se fotoidentificaron 33 orcas agrupadas en las manadas A (cinco individuos), B (16 individuos), D (cuatro individuos) y E (ocho individuos). Se fotoidentificaron 31 orcas durante los meses de diciembre a marzo y sólo dos orcas en el mes de julio. En Oaxaca se fotoidentificaron cuatro orcas agrupadas en la manada C durante el mes de noviembre. En Baja California Sur se identificaron siete orcas agrupadas en las manadas F (cinco individuos) y G (dos individuos) durante los meses de agosto y noviembre respectivamente (Cuadro 6). Con las fotografías de mayor calidad se construyó un catálogo de fotoidentificación de orcas en el Pacífico Tropical Mexicano (Apéndice 2). Aunado al código de identificación de cada orca, se presenta el sexo de los individuos cuando es posible inferirlo con alguna certidumbre. Veintiún orcas se identificaron como hembras, 19 como machos y en cuatro orcas no fue posible la identificación del sexo debido a que se consideraron como juvenes. Las asociaciones unisexuales ocurren con mayor frecuencia que las asociaciones entre sexos diferentes. La asociación hembra-hembra es la más alta y variable (Cuadro 7).

La manada A está compuesta por cinco orcas: dos machos, dos hembras y una orca de sexo no identificado. Esta manada se observó por primera vez en 1992 en la Bahía Banderas y en esa ocasión sólo se fotoidentificaron a las orcas A01 y A05. El segundo encuentro ocurrió en 2004 donde, además de las recapturas de las orcas A01 y A05, se fotoidentificaron por primera vez a las orcas A02, A03 y A04. El índice de asociación entre la pareja de orcas A01 y A05 y el grupo de orcas A02, A03 y A04 es 1 (Figura 13).

Cuadro 6. Continuación...

| Manada | Individuo | Sexo | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| D | OorBBD01 | ♂ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBD02 | ♂ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBD03 | ♀ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBD04 | ♀ | | | | | | | | | | | | | |
| E | OorBBE01 | ♂ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBE02 | ♂ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBE03 | ♀ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBE04 | ♂ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBE05 | ♂ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBE06 | ? | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBE07 | ? | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBBE08 | ♀ | | | | | | | | | | | | | |
| F | OorBCSF01 | ♂ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBCSF02 | ♀ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBCSF03 | ♀ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBCSF04 | ♀ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBCSF05 | ♀ | | | | | | | | | | | | | |
| G | OorBCSG01 | ♂ | | | | | | | | | | | | | |
| | OorBCSG02 | ♀ | | | | | | | | | | | | | |

Cuadro 7. Asociaciones entre sexos de orcas adultas en el Pacifico Tropical Mexicano. Se indica el promedio y desviación entre las manadas del Cuadro 6.

| | Promedio | Desviación Estándar |
|------------------------|-----------------|----------------------------|
| Macho - Macho | 0.476 | 0.442 |
| Macho - Hembra | 0.425 | 0.452 |
| Hembra - Hembra | 0.579 | 0.487 |

Manada A

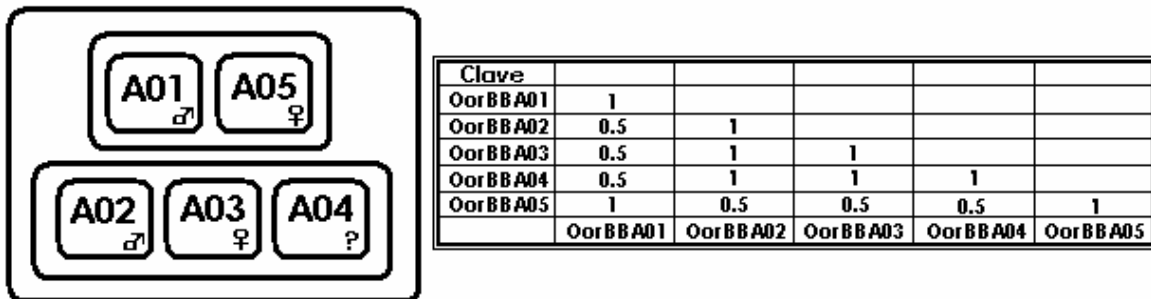


Figura 13. Diagrama y matriz de índices de asociación de la manada A.

La manada C (Figura 14) está compuesta por cuatro orcas que se fotoidentificaron por primera vez en Punta Cometa, Oaxaca. En 1995 esta manada estaba formada por dos machos y dos hembras. En esta manada los mayores índices de asociación se presentan entre las parejas C01-C02 y C03-C04.

Manada C

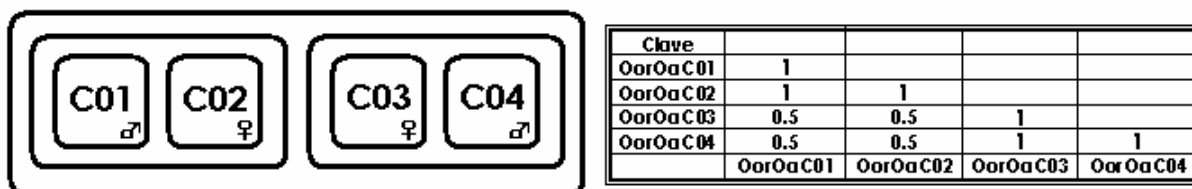


Figura 14. Diagrama y matriz de índices de asociación de la manada C.

Manada D

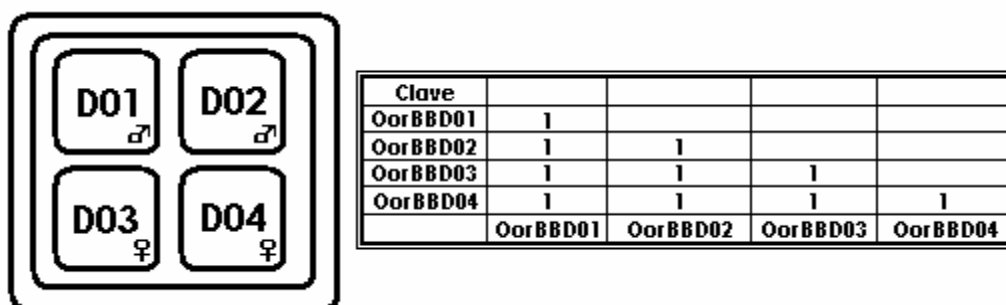


Figura 15. Diagrama y matriz de índices de asociación de la manada D.

La manada D (Figura 15) se fotoidentificó por primera vez en el 2003 en la Bahía Banderas formada por cuatro animales: dos machos y dos hembras. Como se observa en la matriz del índice de asociación, no existen variaciones en los valores del índice de asociación debido a que estos individuos se identificaron en un solo avistamiento. Esto mismo ocurre en la manada E (Figura 16) que se identificó por primera vez en el 2000 en la Bahía Banderas. Los individuos que se fotoidentificaron en ese año fueron cuatro machos, dos hembras y en dos orcas no fue posible identificar el sexo.

Manada E

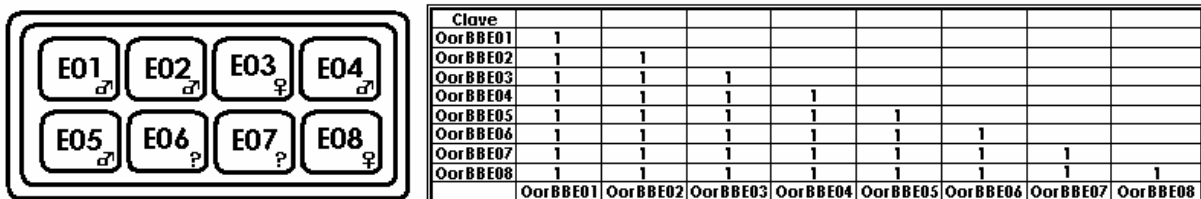


Figura 16. Diagrama y matriz de índices de asociación de la manada E.

Las manadas F y G se fotoidentificaron por primera vez en Baja California Sur durante el 2003. La manada F (Figura 17) para ese año estaba formada por cinco orcas: un macho y cuatro hembras. La manada G (Figura 18) que es la más pequeña de las siete manadas, estaba conformada para ese año únicamente por dos orcas: un macho y una hembra. En estas dos manadas los valores del índice de asociación no presentan variaciones siendo iguales en ambos casos, esto se explica por que las orcas de la manada F se fotoidentificaron durante el mismo encuentro ocurrido el 13 de agosto de 2003 y las orcas de la manada G se fotoidentificaron el 14 de noviembre de ese mismo año.

Manada F

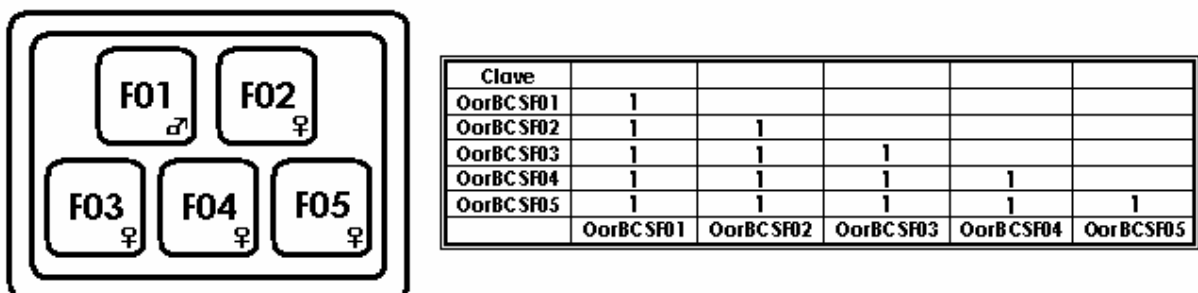


Figura 17. Diagrama y matriz de índices de asociación de la manada F.

Manada G

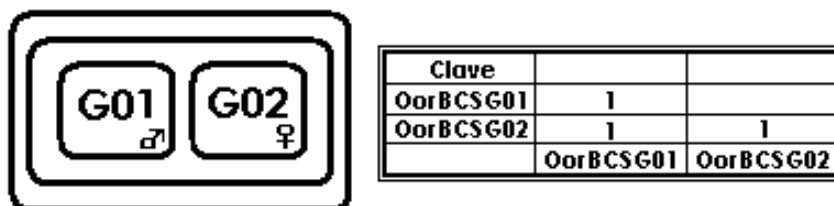


Figura 18. Diagrama y matriz de índices de asociación de la manada G.

La manada B es la manada más grande de orcas identificadas en la Bahía Banderas. Esta manada está formada por dos parejas, un grupo de cinco y otro grupo de siete animales (Figura 19). Algunos individuos de esta manada se han avistado en seis diferentes ocasiones en el periodo de 1997 a 2004. En 1997 se fotoidentificó por primera vez a esta manada identificándose nueve orcas distintas, cinco machos, tres hembras y una orca de sexo no identificado. El siguiente encuentro sucedió en 1998 con la recaptura de un individuo macho y la primera fotoidentificación de dos individuos también identificados como machos. En 2001 se recapturaron dos individuos machos y se fotoidentificaron por primera vez cinco hembras (Cuadro 6). Esta manada es la que presenta mayor variedad en los valores de asociación. Una de las relaciones más estrechas ocurre entre los individuos B01 y B04 identificados como machos adultos. Estas dos orcas comparten historias de avistamiento muy similares: se fotoidentificaron por primera vez en 1997 y a excepción del año 1998 en que sólo ocurrió la recaptura del individuo B04, estas dos orcas se han observado viajando juntas en los últimos cuatro años (2001-2004). El índice de asociación entre estos dos individuos es 0.8333. Otra pareja presente en esta manada es la formada por los individuos B14 y B15 que tienen índice de asociación 1 debido a que se fotoidentificaron juntas durante un mismo avistamiento. Esta pareja se asocia con el individuo B04 con índice 0.1666.

El grupo de orcas denominado naranja, formado por los individuos B02, B03, B05, B06, BB07, B08 y B09, presenta un índice de asociación alto entre los individuos que lo forman y lo mismo ocurre con el grupo verde (B10, B11, B12, B13 y B16). El índice de asociación entre estos dos grupos es cero ya que nunca se observaron juntos. Estos dos grupos se consideran dentro de una manada por la asociación que existe con las orcas B01 y B04. En el 2001, cuando se fotoidentificó por primera vez al grupo verde, dentro de él se encontraban B01 y B04. Cuando se fotoidentificó por primera vez al grupo naranja en 1997, B01 y B04 se encontraban con este grupo. Los índices de asociación de los grupos naranja y verde son de 0.2 con B01 y de 0.1666 con la orca B04.

Movimientos de orcas

Se identificaron dos individuos con reavistamientos muy distantes entre localidades (Figura 18). La orca OorOaC01, identificada como macho y la orca OorOaC02, identificada como hembra, ambas pertenecientes a la manada C, se fotoidentificaron por primera vez en 1995 en Punta Cometa, Oaxaca junto con los individuos OorOaC03 y OorOaC04. OorOaC01 y OorOaC02 se recapturaron en el 2002 en la Bahía Banderas. Este es un desplazamiento que tiene una distancia lineal aproximada de 1100 Km (Figura 20).

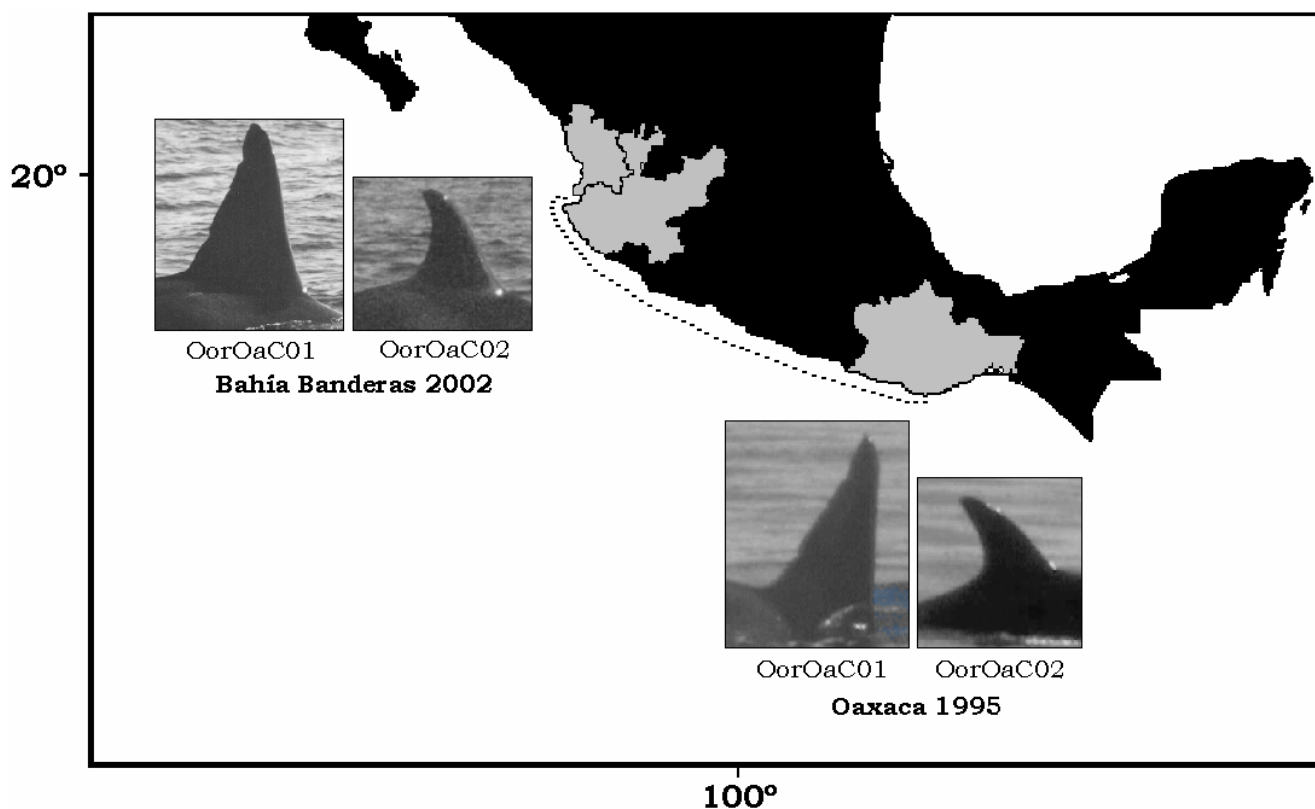


Figura 20. Orcas fotoidentificadas por primera vez en Oaxaca (1995) y recapturas en Bahía Banderas (2002).

Abundancia absoluta de orcas

El estimador de Petersen-Bailey arrojó una estimación máxima de 173 ± 8 (EE) orcas para el Pacífico tropical mexicano entre Oaxaca y Baja California Sur. El modelo de Jolly-Seber estimó 135 ± 120 (EE) orcas (Cuadro 8). Con este modelo no fue posible estimar el tamaño de la población en tres años de muestreo, debido a que el número de recapturas de individuos fue nulo.

Los estimadores de Darling y Morowitz basados en la curva de aparición de nuevos individuos y la distribución del número de capturas varían entre 100 y 273 orcas. La distribución del número de capturas da estimadores mayores que la curva de nuevos individuos y lo mismo hace el método de formulaciones con respecto a las simulaciones (Cuadro 9, Figura 21). La incongruencia entre las formulaciones de

Darling y Morowitz (1986) y el programa FidFid2 se debe principalmente a que el esfuerzo empleado no es homogéneo.

Cuadro 8. Estimaciones de tamaño poblacional absoluto de las orcas calculados con los modelos de Petersen-Bailey y Jolly-Seber. El valor entre paréntesis indica el número de capturas.

| Año | N Petersen-Bailey | Error Estándar | N Jolly-Seber | Error Estándar |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1992 (2) | - | - | - | - |
| 1995 (4) | 10 | 6.32 | 0 | 0 |
| 1997 (9) | 60 | 26.83 | 0 | 0 |
| 1998 (3) | 30 | 7.34 | 14 | 10.13 |
| 2000 (8) | 162 | 18 | 0 | 0 |
| 2001 (7) | 69.33 | 8.43 | 29.33 | 18.61 |
| 2002 (4) | 33 | 0 | 25 | 14.23 |
| 2003 (6) | 172.66 | 8.27 | 135.33 | 119.76 |
| 2004 (7) | 80 | 5.2 | - | - |

Cuadro 9. Valores estimados para el tamaño poblacional de las orcas en el Pacífico Tropical Mexicano utilizando los estimadores propuestos por Darling y Morowitz (1986) y las simulaciones del programa FidFid2 (Medrano González 2004).

| | Individuos diferentes (Id) | Distribución de capturas (Dc) | Total (T) |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Darling y Morowitz (1986) | 111 | 273 | 168 |
| Simulaciones en FidFid2 | 100 | 125 | 125 |

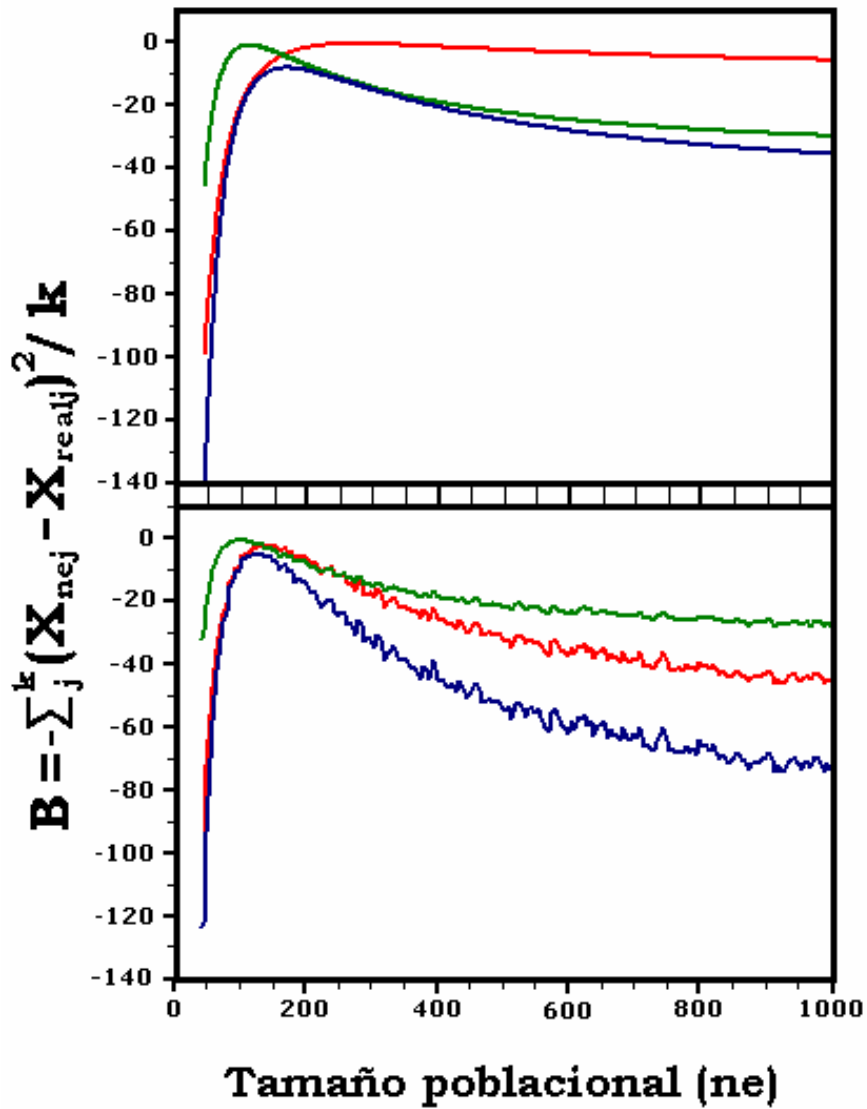


Figura 21. Bondad de ajuste (B) de los estimadores de tasa de aparición de nuevos individuos (verde), distribución del número de capturas (rojo) y la combinación de ambos (azul) para las formulaciones Darling-Morowitz (1986, panel superior) y para las simulaciones de esfuerzo real de captura por el programa FidFid2 (Medrano González 2004, panel inferior).

Ataques mortales de orcas a ballenas jorobadas

Los ataques de orcas a misticetos son raros fuera de las ballenas de Minke en la Antártica pero en los últimos años, en la Bahía Banderas se han registrado algunos ataques a crías de ballenas jorobadas y aún a ballenas jorobadas adultas. Se describen a continuación ataques atestiguados y/o documentados.

Primer ataque: El 12 de febrero de 2002 en la playa conocida como Playa Cocinas en Punta Mita (20° 46.233' N, 105° 30.450' W), Sherman Hernández Ventura del Centro Regional de Investigación Pesquera en La Cruz de Huanacastle (com. pers.) registró el varamiento de una cría de ballena jorobada la cual presentaba rasgaduras en la piel, aletas pectorales, pedúnculo caudal y lóbulos de la aleta caudal y no presentaba lengua. Las rasgaduras se identificaron como marcas de dientes de orcas (Figuras 22 y 23).

Segundo ataque: El 6 de marzo de 2002, personal del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias UNAM (GMMFC), que se encontraba realizando observaciones desde la Isla Redonda, atestiguó por vez primera un ataque de orcas a ballenas jorobadas en la Bahía Banderas. Este ataque fue documentado con la ayuda de un teodolito. Alrededor de las 0819 hrs fue localizada una pareja de orcas machos que navegaban con dirección hacia una hembra con cría que se localizaba en la misma zona. Después de una persecución, alrededor de las 0832 hrs, la pareja de orcas logró separar a la hembra de su cría. A las 0846 hrs, la pareja de orcas se retiró de la zona dejando únicamente restos de la cría muerta. Un miembro del GMMFC empleado para colaborar con la compañía Ecotours de México pudo atestiguar parte del ataque desde el mar y fotoidentificar a las dos orcas y a la madre de la cría atacada. Las orcas involucradas en este ataque fueron OorBBB01 y OorBBB04 (Rosales Nanduca, Ruíz Rodríguez y González Godoy com. pers.).



Figura 22. Restos de una cría varada el 12 de febrero del 2002 con marcas de ataque por orca (Foto: Sherman Hernández).

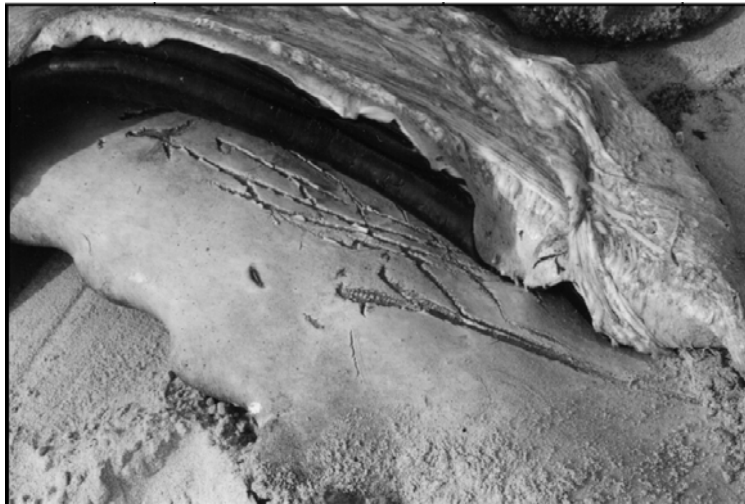


Figura 23. Aleta pectoral derecha del espécimen de la Figura 22 con marcas de ataque por orca (Foto: Sherman Hernández).

Tercer ataque: El 1 de marzo del 2003, a 3 mn de Puerto Vallarta, Jal. Un ataque de orcas a una cría de ballena jorobada fue filmado por Aurelio Solís Chávez a bordo de un catamarán dedicado al turismo. Con

el material video y fotográfico, se identificó a las orcas involucradas en este ataque como el macho OorBBD02 y la hembra o macho juvenil OorBBD03 (com. pers.).

Cuarto ataque: El 19 de marzo de 2003 en la posición 20° 43.5' N, 105° 28' W, se observó nuevamente a los machos OorBBB01 y OorBBB04 atacando a una cría de ballena jorobada. El ataque fue presenciado por Astrid Frisch Jordan de la empresa Ecotours de México (Figura 24).

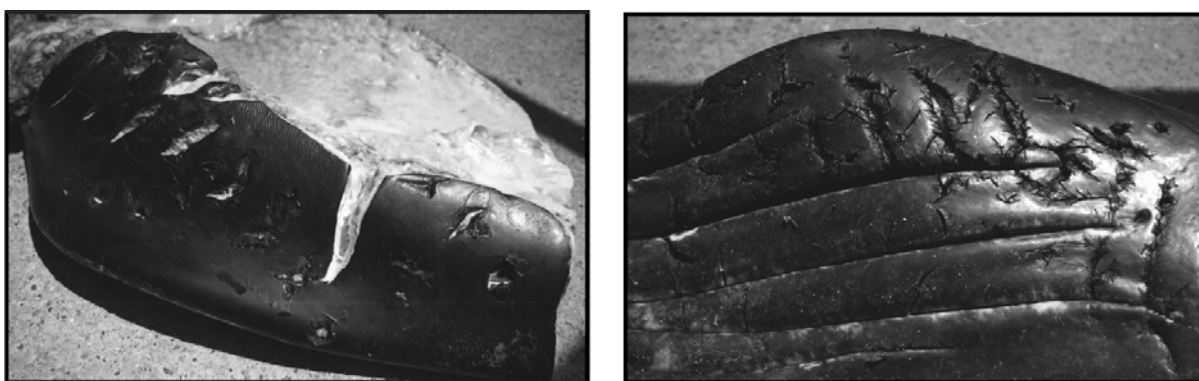


Figura 24. Parte de la región gular de una cría de ballena jorobada atacada por las orcas OorBBB01 y OorBBB04 en la Bahía Banderas.

Ataques a crías de ballenas jorobadas no son los únicos que se reportan por orcas en la Bahía Banderas. El 22 de enero de 2004, cerca de la Isla Redonda, personal de la compañía Ecotours de México y del GMMFC observó un grupo de delfines tornillo (*Stenella longirostris*) que se encontraban navegando en dirección oeste. En esta zona también se encontraba un grupo de cinco orcas que fueron posteriormente identificadas como la manada A. Este grupo inició una persecución contra los delfines tornillo que concluyó cuando atraparon a un delfín del que se alimentaron (Frisch Jordan y Villavicencio Llamosas com. pers. Figura 25).

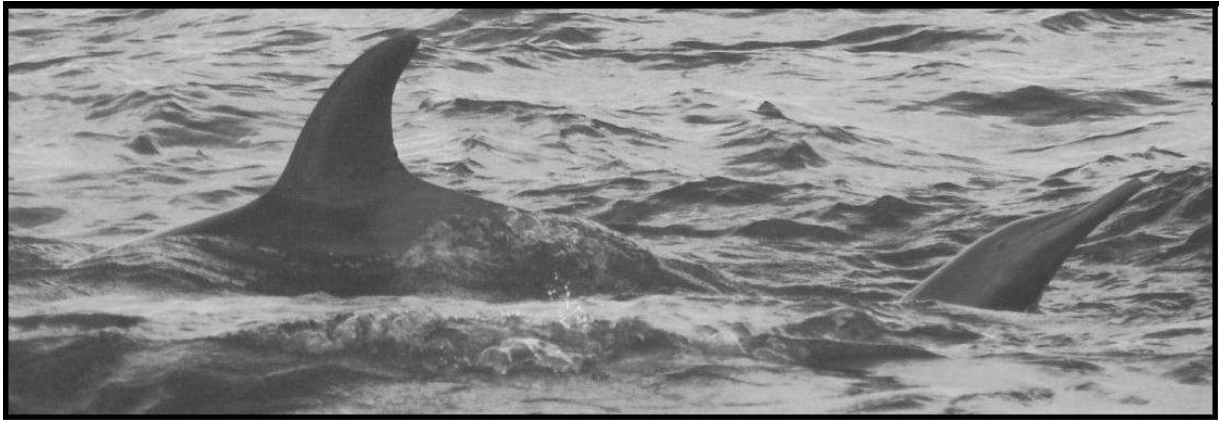


Figura 25. Orca OorBBA03 (♀) persiguiendo a un delfin tornillo en la Bahía Banderas (Foto: Astrid Frisch).

DISCUSIÓN

La investigación sobre ballenas jorobadas en la Bahía Banderas en la década de los 1980 mostró que las hembras con cría tenían una preferencia para distribuirse en la parte norte de la bahía (Ladrón de Guevara Porras 1995). Misma época donde la observación de ballenas era una actividad con poca demanda. Después de más de 20 años de estudios, cuando el turismo sobre ballenas ha estado en auge por una década, la distribución de las hembras con cría de ballena jorobada se ha modificado extendiéndose hacia la costa este y sur de la bahía. Asimismo, se observa un incremento en la dispersión de las hembras con cría y en la frecuencia con que se observan en aguas de profundidad mayor a 100 m o menor a 30 m. La profundidad promedio, sin embargo, no ha cambiado y esto sugiere que las hembras con cría cambian su distribución restringidas por sus necesidades de crianza. Las hembras con cría son la agrupación más susceptible a la perturbación ocasionada por las actividades humanas por su poca movilidad, por su preferencia por aguas someras y protegidas cercanas a la costa y también porque su estancia invernal es la más tardía lo que las somete a un mayor acoso por las embarcaciones que hacen observación de ballenas (Rosales Nanduca 2004). En el caso de la Bahía Banderas, debe sumarse además que las zonas de crianza de ballenas jorobadas frente a la costa norte, son las más transitadas por las embarcaciones dedicadas al turismo y alrededor de las cuales hay una rápida urbanización (Díaz Gamboa 2005).

El cambio en la distribución de las hembras con cría muestra una tendencia sostenida en todos sus descriptores y la dispersión se incrementa al acumularse datos sugiriendo que no es un artefacto. Este cambio es muy marcado en la segunda mitad de los 1990 en coincidencia con el establecimiento intensivo de la observación turística de ballenas. La tendencia en el cambio de la distribución asimismo se aleja de la zona de mayor actividad de observación turística de ballenas, que es entre Punta de Mita y las Islas Marietas. Todo esto indica que el

cambio en la distribución de las ballenas jorobadas hembra con cría ha sido presuntamente provocado por la perturbación de su hábitat por el tránsito de embarcaciones y otros efectos de la urbanización en la costa norte de la bahía.

A pesar de los esfuerzos de investigación desde los 1980 y la intensa observación turística desde 1996 en la Bahía Banderas, es hasta el año 2001 que se observaron ataques de orcas a ballenas jorobadas haciéndose frecuentes junto con avistamientos de orcas. Se plantean entonces dos preguntas importantes para la conservación de las ballenas jorobadas:

1) De continuar la observación turística de ballenas y en general, la urbanización y otras actividades humanas en la Bahía Banderas, ¿qué pasará con el hábitat de crianza de las ballenas jorobadas? y ¿qué efectos tendrá esto en su reproducción? Juárez Salas (2001) ha encontrado evidencia de que los intervalos de reproducción de las hembras de ballenas jorobadas se han incrementado a partir de la segunda mitad de los 1990 y se plantea la posibilidad de que esto no sea un signo de recuperación sino un efecto negativo de las actividades humanas.

2) ¿Hay alguna relación causal entre el incremento en la dispersión de las hembras con cría y de su mayor ocurrencia en aguas profundas con la depredación por orcas en zonas de crianza? Si, eventualmente, las hembras con cría son desplazadas de sus hábitats ideales en la Bahía Banderas hacia zonas más expuestas, ¿podría incrementarse la depredación en zonas de crianza y/o disminuir considerablemente la sobrevivencia de las crías?

La mayoría de los ataques por orcas a misticetos se dirigen a las crías y esto parece ocurrir más en el trayecto migratorio cuando las ballenas jorobadas están en aguas abiertas (Baker *et al.* 1987, Clapham 2000, Corkeron y Connor 1999). La depredación en zonas de crianza no

es rara pero se considera ocasional (Flórez-González *et al.* 1994). Y el efecto potencial de la depredación al cual están sujetas las ballenas jorobadas aún permanece desconocido (Clapham 2000). Consecuentemente, del total de aletas caudales de ballenas jorobadas analizadas de 1986 a 2004 sólo el 4 % presentan marcas causadas por ataques de orcas lo que es ligeramente menor a lo que se observa en la Columbia Británica y el sureste de Alaska (5 -10%, Ford y Ellis 1999). El marcaje por orcas en las ballenas jorobadas aparenta ocurrir en forma intermitente a través de los años habiendo un grado de marcaje relativamente alto a fines de los 1980 y principios de los 1990. El incremento en el marcaje observado a fines de los 1990 podría corresponder al incremento en la ocurrencia de orcas en la Bahía Banderas poco anterior. Se plantea entonces la posibilidad de que las orcas modifiquen en el plazo de años sus patrones de búsqueda de alimento según cambie la abundancia y distribución de sus presas potenciales.

La ocurrencia de orcas en la Bahía Banderas hasta principios de los 1990 no era invernal y se asociaba en ocasiones a la depredación de las tortugas marinas *Dermochelys coriacea* y *Lepidochelys olivacea* (Esquivel *et al.* 1993, Sarti *et al.* 1994). En el invierno, las orcas pueden también alimentarse en la Bahía Banderas de otros mamíferos marinos como se ha documentado aquí respecto de los delfines tornillo. Corkeron y Connor (1999) sugieren que el motivo por el cual las ballenas jorobadas migran es la reducción del riesgo de ataques de orcas durante su fase reproductiva. Lo que observamos es que la menor abundancia de orcas en regiones tropicales no exenta por completo la posibilidad de sus ataques y expone a las ballenas jorobadas en aguas abiertas por periodos prolongados donde la depredación es más probable. La depredación de orcas en zonas de crianza puede ser un factor importante de mortalidad de las crías si las ballenas jorobadas en su fase reproductiva se distribuyen en aguas profundas y alejadas de la costa y si las orcas cambian sus patrones de ocurrencia en preferencia a la depredación de crías. Es esto último lo que parece que observamos

pero ahora no podemos adelantar el futuro de la ocurrencia de orcas en la Bahía Banderas y su efecto en la mortalidad de las crías de ballenas jorobadas.

Con respecto a las asociaciones entre orcas en las cercanías de Vancouver, Baird y Whitehead (2000) encontraron que la asociación de mayor duración ocurre entre machos y hembras. En este estudio, las parejas con mayor plazo de asociación son las del tipo macho-hembra OorBBA01 - OorBBA05 y OorOaC01 - OorOaC02 que se han observado juntas en dos avistamientos separados por 12 y siete años, respectivamente. Las asociaciones unisexuales entre orcas son las que presentan valores más altos. Usualmente, los machos se dispersan de sus grupos maternos para viajar solos y generalmente no se unen a otros machos aunque ocasionalmente lo hacen para cooperar en la alimentación (Baird 2000, Baird y Whitehead 2000). Una asociación así ocurre con las orcas macho OorBBB01 y OorBBB04 que se han observado juntas en cinco de seis ocasiones durante un periodo de siete años en la Bahía Banderas. En dos ocasiones, estos animales atacaron juntos a crías de ballenas jorobadas. La asociación entre hembras es la asociación que tiene el índice más alto seguramente por la estructura matrilineal de las manadas de orcas (Baird 2000). El grado de asociación observado entre las orcas es variable y en el caso de las manadas C y B se puede identificar una estructura con dos y cuatro subgrupos, respectivamente. Esta identificación de manadas, sin embargo, se basa en la definición operacional a partir de asociaciones. En el caso de la manada B se observa que la pareja de machos OorBBB01 y OorBBB04 se asocia en ocasiones diferente a grupos de orcas diferentes, esto es, las asociaciones son dinámicas como se ha descrito en otros casos (Baird 2000, Baird y Whitehead 2000).

Las orcas se pueden observar regularmente en el Golfo de California (Acevedo y Fleischer 1987, Guerrero Ruíz *et al.* 1998) y su presencia fuera de esta zona es rara de atestiguar. En este trabajo se registró la recaptura de un macho y una hembra observados en Oaxaca en 1995 y posteriormente en la Bahía Banderas en 2002. Esto sugiere

que los movimientos y distribución de esta especie abarcan al menos todo el Pacífico Tropical Mexicano y se puede considerar a estas orcas como parte de una población de límites aún no definidos y sin residencias establecidas. Asimismo, esta recaptura es evidencia de que los patrones de desplazamiento de las orcas pueden cambiar en el periodo de algunos años.

Es complicado determinar el tamaño poblacional de mamíferos marinos en vida libre. Debido a que al realizar el estudio en un área determinada resulta difícil satisfacer todos los supuestos de los estimadores (Buckland 1987). El modelo de Petersen-Bailey mostró una estimación de 173 orcas para el Pacífico tropical mexicano ± 8 EE lo cual se considera un alto grado de precisión (Begon 1989). El modelo de Jolly-Seber estima 135 orcas ± 120 EE. Estrictamente, la población de orcas es abierta pero el periodo de estudio en comparación a su ciclo de vida, tasas de reproducción, reclutamiento y mortalidad, aproxima la población a considerarse cerrada. Los estimadores de la distribución del número de capturas y la tasa de aparición de nuevos individuos examinados mediante las formulaciones de Darling y Morowitz (1986) y el programa FidFid2 indican un tamaño poblacional entre 100 y 273 individuos con promedio de 152. Los estimadores de Darling y Morowitz (1986) se han criticado por no presentar límites de confianza y porque generalmente sobreestiman el tamaño poblacional calculado con otros métodos (Baker y Herman 1987). La estimación del tamaño poblacional obtenida mediante los métodos de Darling y Morowitz (1986) se encuentra dentro del intervalo calculado con los modelos de Petersen-Bailey y Jolly-Seber.

De entre todos los supuestos de los métodos de marcaje y recaptura, debemos considerar el que todos se basan en el supuesto de que el muestreo es aleatorio lo que implica que la probabilidad de captura es la misma para todos los individuos dentro de la población y de que el esfuerzo es lo suficientemente grande para ser representativo. Esto no se cumple primero porque el esfuerzo no es homogéneo ni en tiempo ni en espacio y es limitado a pesar de haber un esfuerzo intenso

en la Bahía Banderas durante la última década. Asimismo, no todas las aletas dorsales de las orcas presentan alguna marca distintiva que permita individualizarlas. En segundo lugar, las orcas pueden presentar preferencia por ciertas zonas (filopatría) y como el esfuerzo no es uniforme en la zona de distribución, muy probablemente la probabilidad de marcar a todas las orcas que se distribuyen en el Pacífico Tropical Mexicano es heterogénea. Los estimadores de Darling y Morowitz (1986) analizados mediante las formulaciones de estos autores y el programa FidFid2 (Medrano-González 2004) muestran una incongruencia entre la tasa de aparición de individuos diferentes y la distribución del número de capturas demostrando efectivamente que las probabilidades de captura de las orcas no son homogéneas.

CONCLUSIONES

- La distribución de las ballenas jorobadas hembra con cría ha cambiado en la Bahía Banderas en la última década posiblemente como consecuencia de la intensa actividad de observación turística de ballenas. Este cambio mantiene en promedio las preferencias de crianza de las ballenas jorobadas pero ha incrementado la dispersión de las hembras con cría así como su ocurrencia en aguas profundas y frente a la costa sur de la bahía.
- En el último lustro se ha observado un incremento aparente de depredación de crías de ballenas jorobadas por orcas en la Bahía Banderas que puede resultar por la mayor ocurrencia de ballenas jorobadas crías en aguas profundas y/o alejadas de la costa.
- Se plantea la posibilidad de que la urbanización y turismo creciente en la Bahía Banderas termine por desplazar a las ballenas jorobadas a nuevos sitios de crianza menos adecuados y de exponerlas más a la depredación.
- Los patrones de marcaje por orcas en las aletas caudales de las jorobadas de la Bahía Banderas, muestran una ocurrencia intermitente de ataques en el plazo de una década. El incremento en el marcaje que se observa a finales de los 1990 podría estar relacionada al incremento en la ocurrencia de orcas en la Bahía Banderas.
- Se observan cambios en la distribución estacional y abundancia de las orcas, ocurrencia de ataques a crías de ballenas jorobadas y una recaptura de Oaxaca a Nayarit en un periodo de siete años. Lo anterior sugiere que las orcas pueden estar cambiando, en el plazo de una década, sus patrones de desplazamiento probablemente en respuesta a los cambios de abundancia y distribución de sus presas y donde actualmente estos animales ocurren en forma regular, durante el invierno, en las zonas de crianza de ballenas

jorobadas en la Boca del Golfo de California en donde se alimentan de crías de esta especie.

➤ Las hembras en general se asocian más entre sí como resultado de la estructura social matrilineal de esta especie. Las asociaciones entre machos y hembras son las menos estables. Las asociaciones entre las orcas son dinámicas pero se observan algunas relaciones estables a largo plazo entre machos y hembras así como entre machos. Estas últimas parecen relacionadas a la cooperación en la alimentación.

➤ El tamaño poblacional de las orcas en el Pacífico Tropical Mexicano promedia 150 individuos con estimaciones de 100 hasta 273. Las orcas que se identificaron no tienen una probabilidad uniforme de captura y por lo tanto, son sólo parte de una población cuyos límites en el Pacífico Tropical Oriental no se conocen.


➤ En la Bahía Banderas se registraron hasta el año 2004 cuatro ataques a crías de ballenas jorobadas y un ataque a un delfín tornillo durante los inviernos de 2002, 2003 y 2004.

AGRADECIMIENTOS

A llegado el ultimo paso para finalizar una de las metas más importantes que tengo en la vida, el de ser oficialmente bióloga. Afortunadamente no estuve sola en este largo proceso y existen personas que estuvieron, están y estarán involucradas en este trabajo y que por supuesto me gustaría agradecerles de todo corazón todo lo que en un momento hicieron por mí. Todos son especiales por lo tanto no hay orden ni preferencia alguna (bueno en realidad solo para las dos primeras). Gracias a.....

A la mujer que en esta vida tuve la enorme fortuna de que fuera mi madre. Gracias por el incomparable ejemplo de lo que una mujer puede hacer por sus hijos. Por todos los valores y principios que me inculcaste desde pequeña y que han sido mi guía para ser una mejor persona. Por enseñarme que todo lo que uno haga en la vida se debe de hacer con fines de excelencia. Gracias por todo el amor, felicidad y apoyo que me brindaste mientras la vida te lo permitió. Esto es para ti, espero que donde quiera que te encuentres te sientas muy orgullosa de mi. TE AMO MAMA.

A Laura, la persona que desde que nací me ha brindado sus cuidados, amor, paciencia y todo tipo de apoyo. Gracias por haberme dado la oportunidad de hacer lo que yo más deseaba que era estudiar. Quiero que sepas que le doy gracias a la vida porque me toco una hermana como tú. Gracias por que sin ti no se que habría sido de mí en una de las etapas más duras de mi vida. Gracias por que aún ahora me sigues consintiendo y cuidando. Este trabajo es por ti y para ti.

A mi hermano Juan Carlos, al que también eligieron para ser un ángel en el cielo. Gracias por tu presencia en mi vida, por todo el amor que recibí de tu parte. Gracias por haberme permitido ser la ultima persona en abrazarte y gracias por esa última llamada que nunca olvidaré. Hasta siempre 

A Ricardo, si escribiera cada una de las cosas que me gustaría agradecerte, necesitaría escribir otras cien hojas solo para ti, por eso tratare de resumir lo más importante. Muchas gracias por haber aparecido en mi vida, por toda la comprensión y apoyo invaluable que siempre me has brindado. Por todas las palabras de aliento y amor que recibí de tu parte en los peores momentos. Gracias por el amor incondicional que me has regalado, por cumplir hasta mis más pequeños y simples caprichos. Gracias por querer estar conmigo a pesar de mi misma.

A Dr. Luis Medrano por permitirme formar parte del codiciado Grupo de Mastozoología Marina. Por haberme dado la oportunidad de vivir esta extraordinaria experiencia. Gracias Luis por todos los comentarios alentadores y por las miles de horas frente a la computadora tratando de que este trabajo quedara lo mejor posible. Gracias por enseñarme que la perfección es posible y sobre todo por haberme ayudado sin intensión alguna a desarrollar mi paciencia.

A Dr. Enrique Martínez, por permitirme robarle un poco de lo mucho que sabe, por toda la confianza y paciencia que me tuvo cuando estuve trabajando con él. Por ser el ejemplo que me gustaría seguir cuando yo sea grande.

A mis sinodales Enrique Martínez, Eduardo Morales, Irelia López y Gerardo Ceballos por todo el tiempo que le dedicaron a la revisión de este escrito. Gracias por todos sus comentarios, observaciones y sugerencias.

A Samanta, por haberme brindado su hermosa amistad, por ser como una hermana para mí. Por todas esas tardes de pláticas de café y pastel. Gracias por todos los buenos momentos que hemos pasado juntas pero sobre todo por seguir unidas a pesar de los malos momentos. Gracias por siempre hecharme la mano cuando lo necesite. Y tengo que agradecerle algo muy especial ya que gracias a ti estoy en este rollo de las ballenas.

A Blanca, por estar a mi lado en los miles de buenos momentos pero sobre todo por aguantarme en los millones de malos y muy malos momentos. Muchas gracias por ser el ejemplo viviente de que cuando alguien desea algo, no importa cuantos baches encuentres en el camino se pueden lograr las cosas. Gracias por ser tú, Gracias por ser mi amiga.

A Sandra, Ricardo e Hiram, mi Familia "Churro". Gracias por que junto a ustedes compartí mis primeros gritos de emoción y sorpresa al ver a las gordas, gracias por todos esos momentos que de puro churro vivimos, Gracias por el gran equipo que formamos durante esos padrísimos meses.

A Sandra Smith, por tu amistad desde el primer semestre. Gracias por tener presente este trabajo; por los artículos, libros y demás, que me ayudaron a escribir esta tesis. Por siempre estar dispuesta a ayudar. Gracias por tu singular e inigualable forma de ser.

A Sergio, muchas gracias por tu gran amistad, por compartir desinteresadamente todo lo que sabes. Gracias por todos los lindos detalles que siempre has tenido hacia mí. Y lamento sinceramente decir esto pero ¡¡¡¡TE GANE!!!!

A amigos y compañeros del laboratorio: Sandra S., Sandra P., Cheche, Lorena, Sergio, Hiram, Iván, Carlos, Karla, Chuy, Juan, María de Jesús. Gracias a todos aquellos con los que compartí y disfrute todos los buenos momentos junto a las ballenas. Gracias por el interés que de alguna u otra manera han mostrado por este trabajo. Gracias a María de Jesús por que logro sacar un poco del presupuesto del laboratorio para la impresión del nuevo catálogo de orcas del Grupo de Mastozoología Marina.

A la Familia Nieblas, en especial a Margarita por siempre tener un delicioso plato de sopa caliente cuando llegábamos de navegar. Por preocuparte por mí cuando los tormentosos dolores de cabeza no me dejaban. Pero miles de gracias por dejarme formar parte de tu familia mientras estuve en la bahía. También muchas gracias a Justino por todos esos buenos y algunos intrépidos momentos a bordo de La Costeña, por ser mi maestro en cuanto a conocer un poco al mar. Gracias a Juanita por tus exquisitos ceviches, a Brando por tu sonrisa y a Gerardo, por siempre estar dispuesto a salir con nosotros a perseguir a las gordas y ¡¡¡¡claro a las orcas!!!!.

A Astrid y Karel, para ustedes existe un agradecimiento muy especial. Esta tesis no habría podido concretarse sino hubiera sido por toda la ayuda que obtuve de su parte. Gracias por todas las fotos y datos de orcas que me brindaron sin tener ningún interés oculto. Gracias a Astrid por aguantar mis constantes llamadas, correos y visitas y por siempre tener la disposición de ayudarme. También gracias a su gente que ayudo a ordenar todos esos datos. Miles de Gracias.

A Sherman Hernández, Aurelio Solís, Juan Carlos Robertson, Carlos Esquivel, Erasmo Valencia, Tanya Diffin, Hiram Rosales, Ricardo Juárez, Carlos Godoy, María de Jesús, empresas “Cielo Abierto” y “Ecotours de México”. Gracias a todos por proporcionarme desinteresadamente alguna foto, una fecha e incluso un video de orcas. Gracias ya que esto no hubiera sido posible sin su ayuda.

A Dr. Guillermo Salgado, por todo el apoyo que siempre he tenido de su parte. Gracias por siempre tener un “sí, esta bien” a todo lo que le pedía. Gracias por haberme brindado la oportunidad de disfrutar completamente y sin preocupaciones de mi trabajo de campo en 2003.

A los amigos de la Facultad: Samanta, Blanca, Rosario, Salvador, Paola Porras, Citlali, Carlina, Tonatiuh, con quienes compartí buenos y muchos momentos de presión en esto de tratar de ser biólogo.

A Yesica y Beatriz, por que al crecer juntas creció nuestra amistad. Gracias porque a pesar de la distancia y el tiempo nuestra amistad sigue perdurando, lo que me dice en es realmente verdadera.

A PROBETEL, por otorgarme la beca para la realización de esta tesis, apoyo que me permitió finalizar este trabajo.

A CONACyT y SLASH, por el apoyo económico brindado que permitió realizar el trabajo de campo en la Bahía Banderas y que gracias a esto se han podido concretar no solo esta investigación sino muchas más.

A Baldo, por haberse hecho del tiempo necesario para arreglar mi computadora en los momentos de crisis.

A la UNAM, por abrirme las puertas de su academia desde el bachillerato, por que además de aprender en sus aulas un poco de todo y un mucho de Biología, aprendí un poco a cerca de lo dulce o amarga que puede ser la vida. Y lo más importante gracias por permitirme sentir el orgullo de tener la sangre azul y la piel dorada !!!!!

A Gerónimo y Nicolás, por haberme permitido conocerlos

Y finalmente pero no por eso menos importante a Dios

GRACIAS

**Juzga tu triunfo por lo que tuviste
que dar para lograrlo
Dalai Lama**

REFERENCIAS

- Acevedo A. y Fleischer L. 1978. La orca en el Pacífico mexicano; resultados preliminares. XII Reunión Internacional de Investigación sobre los Mamíferos Marinos de México. La Paz, B.C.S.
- Álvarez Flores C.M. 1987. Fotoidentificación del rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a la Isla Isabel, Nayarit. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Anónimo. 1988. Islas del Golfo de California. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaria de Gobernación. México, DF.
- Arita H.T. y Ceballos G. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. Revista Mexicana de Mastozoología, 2: 33-71.
- Ávila Foucat V.S. 1998. Propuesta de lineamientos y estrategia para la observación turística de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Ávila Foucat, S. y Saad Alvarado L. 1998. Valuación de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en México. En: Aspectos económicos sobre la biodiversidad de México. Instituto NACIONAL DE Ecología, México, DF.
- Baird R.W. 2000. The killer whale. Foraging specializations and group hunting. En: Mann J., Coonor R.C., Tyack P.T. y Whitehead H. (eds). Cetacean Societies. The University of Chicago Press. Chicago, EUA.
- Baird R.W. y Stacey P.J. 1988. Foraging and feeding behavior of transient killer whales. Whalewatcher, 22: 11-15.
- Baird R.W. y Stacey P.J. 1988. Variation in saddle patch pigmentation in populations of killer whales (*Orcinus orca*) from British Columbia, Alaska and Washington State. Canadian Journal of Zoology, 66: 2582-2585.
- Baird R.W. y Stacey P.J. 1989. Observations on the reactions of sea lions, *Zalophus californianus* and *Eumetopias jubatus* to killer whales, *Orcinus orca* evidence of "prey" having a "search image" for predators. Canadian Field Naturalist, 103: 426-428.
- Baird R.W. y Whitehead H. 2000. Social organization of mammal-eating killer whales: group stability and dispersal patterns. Canadian Journal of Zoology, 78: 2096-2105.
- Baker C.S., Herman L.M., Perry A., Lawton W.S., Straley J.M., Wolman A.A., Kaufman G.D., Winn H.E., Hall J.D., Reinke J.M. y Ostman J. 1986. Migratory movement and population structure of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central and eastern North Pacific. Marine Ecology Progress Series, 31: 105-119.
- Baker C.S. y Herman L.M. 1987. Alternative population estimates of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaiian waters. Canadian Journal of Zoology, 65 (11): 2818-2821.
- Baker C.S. y Medrano González L. 2002. World-Wide distribution and diversity of humpback whale mitochondrial DNA lineages. En: Pfeiffer C.J. (ed.) Molecular and cell biology of marine mammals. Krieger Publishing Co. Melbourne, Florida.
- Baker C.S., Flórez-González L., Abernethy B., Rosembum H.C., Slade R.W., Capella J. y Bannister J.L. 1998. Mitochondrial DNA variation and maternal gene flow among humpback whales of the Southern Hemisphere. Marine Mammal Science, 14(4): 721-737.

- Baker C.S., Perrin A. y Herman L.M. 1987. Reproductive histories of female humpback whale *Megaptera novaeangliae* in the North Pacific. Marine Ecology Progress Series, 41: 103-114.
- Baldrige A. 1972. Killer whales attack and eat a gray whale. Journal of Mammalogy, 53(4): 898-902.
- Begon M. 1989. Ecología animal. Modelos de cuantificación de poblaciones. Editorial Trillas. Mexico, DF.
- Berzin A. y Vladimirov, V. L. 1982. A new species of killer whale (Cetacea: Delphinidae) from Antarctic waters. Zoological Zhurnal 62:284-295
- Bigg M. 1982. An assessment of killer whale (*Orcinus orca*) stocks off Vancouver Island, British Columbia. Reports of the International Whaling Commission, 32: 655-666.
- Bigg M., Ellis G.M., Ford J.K. y Balcomb K.C. 1987. Killer whales: A study of their identification, genealogy and natural history in British Columbia and Washington State. Phantom Press. Namaimo, Columbia Británica.
- Bowen W.D., Read A.J. y Estes J.A. 2002. Feeding ecology. En: Hoelzel A.R (ed). Marine Mammal Biology. An evolutionary approach. Blackwell Publishing. Reino Unido.
- Burns W.C.G. 2001. From the harpoon to the heat: Climate change and the International Whaling Comisión. Georgetown International Environmental Law Review; Winter 13:2:ABI/INFORM Global pg.
- Calambokidis J., Steiger G.H., Evenson J.R., Flynn K.R., Balcomb K.C., Claridge D.E., Bloedel P., Straley J.M., Baker C.S., von Ziegeler O., Dahlheim M.E., Waite J.M., Darling J.D., Ellis G. y Green G.A. 1996. Interchange and isolation of humpback whales off California and other north Pacific feeding grounds. Marine Mammal Science, 12(2): 215-226.
- Campos Ramos R. 1989. Fotoidentificación y comportamiento del rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski 1781) en las aguas adyacentes al Archipiélago de Revillagigedo, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Castello H.P. 1977. Food of a killer whale: Tagle swing ray *Myliobatis* found in the stomach of a stranded *Orcinus orca*. Scientific Report of the Whales Research Institute, 29: 107-111.
- Clapham P.J. 1992. Age at attainment of sexual maturity in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). Canadian Journal of Zoology, 70:1470-1472.
- Clapham P.J. y Mayo C.A. 1987. Reproduction and recruitment of individually identified humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) observed in Massachusetts Bay 1979-1985. Canadian Journal of Zoology, 65: 2853-2863.
- Clapham P.J. 2000. The humpback whale. Seasonal feeding and breeding in a baleen whale. En: Mann J., Coonor R.C., Tyack P.T. y Whitehead H. (eds). Cetacean Societies. The University of Chicago Press. Chicago, EUA.
- Clapham P.J. y Mattila D.K. 1990. Humpback whale songs as indicator of migration routes. Marine Mammal Science, 6(2): 155-160.
- Clapham P.J., Palsbøll P.J., Mattila D.K. y Vázquez O. 1992. Composition and dynamics of humpback whale competitive groups in the West Indies. Behaviour, 122:182-194.
- Condy R.R., van Aarde R.J., y Bester M.N. 1978. The seasonal occurrence and behavior of killer whales, *Orcinus orca*, at Marion Island. Journal of Zoology, 18: 449-464.

- Corkeron P.J. y Connor R.C. 1999. Why do baleen whales migrate?. *Marine Mammal Science* 15(4):1228-1245.
- D'vincent C, Haley D. y Sharpe F. 1989. *Voyaging with the whales*. Boulton Publishing Services. Toronto, Canada.
- Dahlheim M.E., Leatherwood S. y Perrin W. 1982. Distribution of killer whales in the warm temperate and tropical eastern pacific. *Reports of the International Whaling Commission*, 647-653.
- Darling J.D. y Mc Sweeney D J. 1985. Observations on the migrations of the North Pacific humpback whales *Megaptera novaeangliae*. *Canadian Journal of Zoology*, 63: 308-314.
- Darling J.D. y Morowitz H. 1986. Census of "Hawaiian" humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification. *Canadian Journal of Zoology*, 64: 105-111.
- Darling J.D. y Jurasz C.M. 1983. Migratory destinations of North Pacific humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. En: Payne R. (ed). *Communication and behaviour of whales*. AAAS Selected Symposium 76. Westview Press. Boulder, CO.
- Dawbin H.W. 1966. The seasonal migratory cycle of humpback whales. En: Norris K.S. (ed). *Whales, dolphins and porpoises*. California University Press. Berkeley, California.
- Diaz Gamboa, Iván Canek. 2005. Hábitos de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en interacción con la actividad turística en la costa sur de Nayarit y norte de Jalisco. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Eder T. 2002. *Whales and other marine mammals of California and Baja*. Lone Pine Publishing. Canada.
- Emlen S.T. y Oring L.W. 1977. Ecology, sexual selection and the evolution of mating systems. *Science*, 197 (4300):215-223.
- Esquivel C., Sarti L. y Fuentes I. 1993. Primera observación directa documentada sobre la depredación de la tortuga marinas *Lepidochelys olivacea* por *Orcinus orca*. *Cuadernos Mexicanos de Zoología*, 1(2): 96-98.
- Evans W.E., Yablokov A.V. y Bowles A.E. 1982. Geographic variation in the color pattern of killer whales (*Orcinus orca*). *Reports of the International Whaling Commission*, 32: 687-694.
- Fertl D., Acevedo-Gutiérrez A. y Darby F.L. 1996. A Report of killer whales (*Orcinus orca*) feeding on a carcharhinid shark in Costa Rica. *Marine Mammal Science*, 12(4): 606-611.
- Findlay K.P. y Best P.B. 1996. Estimates of the numbers of the humpback whales observed migrating past Cape Vidal, South Africa, 1988-1991. *Marine Mammal Science*, 12(3):354-370.
- Flores González L., Capella A.J., Hasse B., Bravo A.G., Felix F. y Gedorrete T. 1998. Changes in winter destinations and the northern most record of southeastern Pacific humpback whales. *Marine Mammal Science*, 14 (1): 189-196.
- Flores Ochoa L. 1991. Observaciones de una orca en cautiverio en la Ciudad de México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Flores-González L., Capella J. Rosenbaum H. 1994. Attack of killer whales (*Orcinus orca*) on humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on a south american pacific breeding ground. *Marine Mammal Science*, 10(2):218-222.
- Ford J.K.B. y Ellis G.M. 1999. *Transients. Mammal-hunting killer whales of British Columbia, Washington and southeastern Alaska*. UBC Press. Vancouver, Canadá.

- Genest E. 1961. Figuras y leyendas mitológicas. Editorial Juventud. Barcelona, España.
- Glockner-Ferrari F.D. y Ferrari J.M. 1984. Reproduction in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in Hawaiian waters. Reports of the International Whaling Commission Special Issue 6:237-242.
- Gormley G. 1990. Orcas of the Gulf. A natural history. Douglas & McIntyre, Vancouver, Canadá.
- Guerrero-Ruiz M., Gendron D. y Urbán J. 1998. Distribution, movements and communities of killer whales (*Orcinus orca*) in the Gulf of California, México. Reports of the International Whaling Commission, 48: 537-543
- Hammond P.S. 1986. Estimating size of naturally marked whale populations using capture – recapture techniques. Reports of the International Whaling Commission Special Issue, 8: 253-282.
- Hancock D. 1965. Killer whale kill and eat a minke whale. Journal of Mammalogy, 46(2): 341-343.
- Heimlich-Boran J.R. 1988. Behavioral ecology of killer whales (*Orcinus orca*) in the Pacific Northwest. Canadian Journal of Zoology, 66: 565-578.
- Heyning J. E. y Dahlheim M. E. 1988. *Orcinus orca*. Mammalian Species. The American Society of Mammalogists, 304: 1-9.
- Hoyt E. 1981. Orca. The whale called killer. Firefly Books. Canada.
- Hoyt E. 2001. Whale watching 2001: Worldwide tourism numbers, expenditures, and expanding socioeconomic benefits. A special report from the International Fund for Animal Welfare, Yarmouth Port, MA, USA.
- Islas Villanueva Valentina. 2002. Determinación de paternidad y caracterización genética por medio de microsatélites de toninas *Tursiops truncatus* en el parque de Xcaret, Quintana Roo, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Jefferson T.A., Stacey P.J. y Baird R.W. 1991. A review of killer whale interactions with other marine mammals: predation to co-existence. Mammal Review, 21(4): 151-180.
- Johnson H.J. y Wolman A.A. 1984. The humpback whale *Megaptera novaeangliae*. En: Breiwick M.J. y Brham W.H. (eds). The status of endangered whales. A special section of the marine fisheries review. 45 (4) NOAA7NMFS.
- Juárez Salas R.A. 2001. Tasas de nacimiento e intervalos entre partos del rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Katona S.K. y Whitehead H. 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. Polar Record, 20(128):439-444.
- Katona S.K., Baxter S., Blazer O., Graus J, Perkins J. y Whitehead H. 1979. Identification of humpback whale by fluke photographs. En: Winn H.E., Olla B.L. (eds). Behaviour of marine animal. Current perspectives in research. Vol. 3 Cetacean Pkenum Press, New York, EUA.
- Katona S.K., Harcourt P.M., Perkins J.S. y Kraus, S.D. 819809- Humpback whales: A catalogue of individuals identified in the western North Atlantic Ocean by Means of fluke photographs. College of the Atlantic: Bar Harbor, M.E.
- Katona S.K., Beard J. Gritón P. y Wenzel F. 1988. Killer whales (*Orcinus orca*) from the Bay of Fundy to the ecuador, including the Gulf of Mexico. Rit Fiskdeildar, 11: 203-224.
- Ladrón de Guevara Porrás P. 1995. La ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowski 1781) en la Bahía de Banderas, Nayarit-

- Jalisco, México (Cetacea: Balenopteridae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Ladrón de Guevara Porras, P. 2001. Distribución temporal y estructura de las agrupaciones de los rorcuales jorobados (*Megaptera novaeangliae*) en dos áreas de reproducción del Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Leatherwood S., Reeves R. y Foster L. 1983. Whales and dolphins. Sierra Club Books, San Francisco, EUA.
- Leatherwood S., Reeves R., Perrin W. y Evans W. 1988. Ballenas, delfines y marsopas del Pacífico nororiental y de las aguas árticas adyacentes. Comisión Interamericana del atún tropical. Informe especial No 6 La Jolla, California.
- Lockley R.M. 1979. Whales, dolphins and porpoises. W.W. Norton y Co. New York, EUA.
- Lockyer C.H. y Brown S.G. 1981. The migration of whales. En: Aidley D.J. (ed). Animal migration. Society of Experimental Biology Seminar Series 13. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Luna López Carlos Junlian. 2001. Determinación de la concentración de metales pesados en tejidos de ballena gris *Eschrichtius robustus*, en agua y sedimentos de la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Colegio De Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado, UNAM. México, DF.
- Manly B.F.J. 1970. A simulation study of animal population estimation using the capture-recapture method. Journal Applied Ecology. 7: 13-29.
- Martinez R.D. y Klinghammer E. 1970. The behavior of the whale *Orcinus orca*: A review of the literature. Zeitschrift fur Tierpsychologie, 27: 828-839.
- Matkin C.O. y Leatherwood S. 1986. General biology of killer whale, *Orcinus orca*: A synopsis of knowledge. En: Kirkevold B. y Lockard J. (eds). Behavioral biology of killer whales. Alan R. Liss Inc. New York, EUA.
- Mattila D.K., Clapham P.J., Katona S.K. y Stone G.S. 1989. Population composition of humpback whale *Megaptera novaeangliae* on Silver Bank. Canadian Journal of Zoology, 67:281-285.
- Medrano González L. 1993. Estudio genético del rorcual jorobado en el Pacífico mexicano. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Medrano González L. 1993. Estudios genéticos de mamíferos marinos en el Pacífico mexicano. Reporte al Instituto Nacional de Ecología. México, DF.
- Morales Vela Benjamín. 2000. Distribución, abundancia y uso de habitat por el manatí, en Quintana Roo y Belice, con observaciones sobre su biología en la Bahía de Chetumal, México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Morejohn V. 1968. A killer whales - gray whale encounter. Journal of Mammalogy, 49(2):327-328.
- Morton A.B. 1990. A quantitative comparison of the behaviour of resident and transient forms of the killer whale off the central British Columbia coast. Reports of the International Whaling Commission Special Issue, 12: 245-248.
- Mosig Reidl P. 1998. Efectos del turismo en la abundancia y comportamiento de la ballena gris *Eschrichtius robustus* en Laguna San Ignacio, B.C.S. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Nishiwaki M. 1972. General biology pp 33-353. En: Ridway H.S (ed). Mammals of the sea. Biology and medicine. Charles Thomas Publisher. Illinois, EUA.

- Nolasco Soto Janet. 2003. Contenido calórico y composición de ácidos grasos en la dermis de la ballena jorobada, *Megaptera novaeangliae* en la Isla Socorro, Revillagigedo, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNA. México, DF.
- NOM-EM-074-ECOL-1996. Por la que se establecen los lineamientos y especificaciones para la regulación de actividades de avistamiento en torno a la ballena gris y su hábitat, si como lo relativa a su protección y conservación.
- NOM-059-ECOL-2001. Por la que se determinan la protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres. La revisión de las categorías de riesgo y especificaciones de las especies para su inclusión, exclusión o cambio y de la lista de especies de riesgo.
- NOM-131-ECOL-1998. Por la que se establecen los lineamientos y especificaciones para la observación de ballenas con fines turísticos y científicos.
- Ortega Ortiz, J.G. 2002. Multiscale analysis of cetacean distribution in the Gulf of Mexico. Tesis doctoral. Universidad de Texas, Estados Unidos de América
- Paterson R.A y Paterson P. 2001. A presumed killer whale (*Orcinus orca*) attack on humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) at Point Lookout, Queensland. *Memoirs of the Queensland Museum*, 47(2): 436.
- Payne R.S. y McVay S. 1971. Songs of humpback whales. *Science*, 173: 585 – 597.
- Pérez Bouchez, D. y Gordillo Morales, G. 2002. Avistamientos y primeros registros de varamientos de mamíferos marinos en las costas de Oaxaca (Huatulco – Puerto Escondido) de febrero de 1998 a mayo de 1999. XXVII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Veracruz, Ver. México.
- Perrin W.F. 1982. Report of the workshop on identity, structure and vital rates of killer whale populations. *Reports of the International Whaling Commission*, 32:617- 632.
- Perrin W.F. y Reilly S.B. 1984. Reproductive parameters of dolphins and small whales of the family Delphinidae. En: Perrin W.F., Brownell R.L. DeMaster, D.P. (eds). *Reproduction in whales, dolphins and porpoises*. *Reports of the International Whaling Commission, Special Issue*, 6:1-495.
- Perry A., Baker C.S. y Herman L.M. 1990. Population characteristic of individually identified humpback whale in the central and eastern North Pacific: A summary and critique. *Reports of the International Whaling Commission, Special issue* 12: 307-317.
- Rice D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. En: Scheville W.E. (ed) *The whale problem*. Harvard University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Rodríguez P. y Brennan B. 1994. Reaccion de ballenas de Bryde y cachalotes a ataques de orcas en las Galápagos. *Anais da 6ª Reunido de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul*. Florianópolis, Brasil.
- Rosales Nanduca H. 2004. Transiciones entre las agrupaciones del rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Salas Rodarte I.V. 1993. Intervalos de reproducción y tasas de nacimiento de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) identificadas, en dos áreas de reproducción del Pacífico mexicano, 1986-1991. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.

- Salazar Godoy Abraham Benjamín. 1989. Hábitos alimenticios, distribución y tamaño de población del lobo marino *Zalophus californianus* en la Isla Cedros, Baja California, México. Licenciatura en Oceanología. Universidad Autónoma de Baja California, Escuela de Ciencias Marinas.,
- Salinas Zacarías M.A. 2000. Estudio comparativo del sonido emitido por los machos del rorcual jorobada, (*Megaptera novaeangliae*), durante el invierno en dos áreas de reproducción del Pacífico de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Salinas Zacarías M.A. y Bourillón Moreno L.F. 1988. Taxonomía, diversidad y distribución de los cetáceos de la Bahía de Banderas, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Salinas Zacarías M. A. y Ladrón de Guevara, P. 1993. Riqueza y diversidad de los mamíferos marinos. Ciencias No. Especial, 7: 85-93.
- Salinas M., Álvarez C., Ladrón de Guevara P. y Aguayo A. 1990. La importancia de la fotoidentificación en el estudio de los cetáceos en México. La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) un ejemplo. IV Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos en América del sur. Valdivia, Chile. Noviembre.
- Sánchez Cordero V., Magaña Cota G. y Briones M.A. 1997. Modelos de captura y recaptura en cinco especies de roedores. En: Arroyo Cabrales J. y Polaco O. (eds). Homenaje al profesor Ticul Álvarez. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Colección Científica #357. México, DF.
- Sarti L., Flores L. y Aguayo A. 1990. Una nota sobre la alimentación de *Orcinus orca*. XVI Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Nuevo Vallarta y la Cruz de Huanacastle. Bahía de Banderas, Nayarit. México.
- Sarti M., Flores L.O. y Aguayo A.L. 1994. Evidencia de predación de ballena asesina (*Orcinus orca*) sobre una tortuga de caparazón negro (*Dermochelys coriacea*) en Michoacán, México. Revista de Investigación Científica, 2: 23-26.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. México, D.F.
- Silber G.K., Newcomer M.W. y Pérez Cortéz H. 1990. Killer whales (*Orcinus orca*) attack and Hill a Bryde's whale (*Balaenoptera edeni*). Canadian Journal of Zoology, 68: 1603-1606.
- Slijper E.J. 1979. Whales. Cornell University Press. New York., EUA.
- Smith T.G., Siniff D.B., Reichle R. y Stone S. 1981. Coordinated behavior of killer whales, *Orcinus orca*, hunting a crabeater seal, *Lobodon carcinophagus*. Canadian Journal of Zoology, 59: 1185-1189.
- Steiger G.H. y Calambokidis J. 2000. Reproductive rates of humpback whales off California. Marine Mammal Science, 16(1): 220-239.
- Stevens T.A., Duffield D.A., Asper E.D., Hwçewlett K.G., Bolz A., Gage L.J. y Bossart G.D. 1989. Preliminary findings of restriction fragment differences in mitochondrial DNA among killer whales (*Orcinus orca*). Canadian Journal of Zoology, 67: 2592-95.
- Tarpy C. 1979. Killer whales attack! National Geographic Magazine, 155(4):542-545.
- Tomilin A.G. 1967. Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries. Vol. 9: Cetacea. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.
- Torres A., Esquivel C. y Ceballos G. 1995. Diversidad y conservación de los mamíferos marinos de México. Revista Mexicana de Mastozoología, 1:22-43.

- Ugarte F. 2001. Behaviour and social organisation of killer whales in Northern Norway. Tesis de Maestria. Universidad de Tromso.
- Urbán R.J. y Aguayo A. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Marine Mammal Science*, 3: 333-334.
- Urbán R.J. Jaramillo A.L., Salinas Z.M., Jacobsen J.K., Balcomb K.C., Ladrón de Guevara P. y Aguayo A. 1994. Estimación de la abundancia de los rorcuales jorobados que habitan en el Pacífico mexicano durante el periodo invernal. XIX Reunión Internacional para el estudio de los mamíferos marinos. La Paz, BCS.
- Urbán R.J., Álvarez C.F., Salinas Z.M., Jacobsen J., Balcomb K.C., Jaramillo A.L., Ladrón de Guevara P. y Aguayo A. 1999. Population size of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of México. *Fisheries Bulletin*, 97: 1017-1024.
- Urbán R.J., Jaramillo L.A., Aguayo L.A., Ladrón de Guevara P.P., Salinas Z.M., Alvarez F.C., Medrano G.L., Jacobsen J.K., Balcomb K.C., Claridge, D.E., Calambokidis J., Steiger G.H., Straley J.M., von Ziegezar O., Waite J.M., Mizroch S., Dahlheim M.E., Darling J.D. y Baker C.S. 2000. Migratory destinations of humpback whale in the Mexican Pacific. *Journal of Cetaceans Research Management*, 2 (2): 101-110.
- Villavicencio Llamosas K. 2000. Patrones de ventilación y hábitos del rorcual jorobada (*Megaptera novaeangliae*) durante su estancia invernal en el Pacífico mexicano. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Visser I. 1999. A summary of interactions between orca (*Orcinus orca*) and other cetaceans in New Zealand waters. *New Zealand Natural Sciences*, 24: 101-112.
- Watson L. 1985. Sea guide to the whales of the world. E.P. Dutton, New York, EUA.
- Whitehead H. y Glass C. 1985. Orcas (killer whales) attack humpback whales. *Journal of Mammalogy*, 66(1):183-185.
- Win H.W y Winn L.K. 1978. The songs of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the west Indies. *Marine Biology*, 47: 97-114.

APÉNDICE I. Estimadores de abundancia absoluta

Modificación de Bailey para el estimador fundamental de Petersen

El modelo de Petersen modificado por Bailey se aplica a poblaciones cerradas, es decir, donde se suponen que ningún nacimiento, muerte inmigración o emigración ocurren durante el periodo de estudio. La estimación del tamaño poblacional por este modelo se basa en que la proporción de animales recapturados en una muestra de la población es equivalente a la proporción de animales capturados en la población total (**N**). Si **n₁** son los animales marcados en la primera captura y **m₂** son los animales recapturados en una segunda muestra de tamaño **n₂**, se sigue que:

$$\frac{\mathbf{m}_2}{\mathbf{n}_2} = \frac{\mathbf{n}_1}{\mathbf{N}}$$

La estimación de **N** según la modificación de Bailey está dada por la relación:

$$\mathbf{N} = \frac{\mathbf{n}_1(\mathbf{n}_2 + 1)}{\mathbf{m}_2 + 1}$$

El error estándar (EE) se puede aproximar como:

$$\mathbf{EE} = \sqrt{\frac{\mathbf{n}_1^2(\mathbf{n}_2 + 1)(\mathbf{n}_2 - \mathbf{m}_2)}{(\mathbf{m}_2 + 1)^2(\mathbf{m}_2 + 2)}}$$

Para capturas múltiples, todos los animales marcados previos a la última captura equivalen a **n₁**. Los supuestos de este modelo para proporcionar una buena estimación son: 1) La población es cerrada geográfica y demográficamente, 2) La probabilidad de capturar un

animal es la misma para todos los individuos dentro de la población, 3) Las marcas no se pierden entre los periodos de captura y 4) El tipo de marcaje no afecta la probabilidad de captura.

El modelo de Jolly – Seber

Este modelo se aplica a una población abierta donde los datos de captura – recaptura están sujetos a cambios determinados por muertes, nacimientos y movimientos. El modelo de Jolly – Seber requiere de varias capturas y por lo tanto de varias recapturas, estimando el tamaño poblacional para cada muestra intermedia excluyendo la primera y ultima muestra.

La estimación de **M_i** que representa el número de individuos marcados, es la característica principal del modelo de Jolly-Seber. Se puede estimar los individuos **M_i** como:

$$\mathbf{M}_i = \mathbf{m}_i + \frac{\mathbf{z}_i \mathbf{r}_i}{\mathbf{y}_i}$$

La estimación del tamaño poblacional (**N_i**) esta dado por la relación:

$$\mathbf{N}_i = \frac{\mathbf{M}_i (\mathbf{n}_i + 1)}{(\mathbf{m}_i + 1)}$$

El error estándar (EE) se puede aproximar como:

$$\mathbf{EE} = \sqrt{\mathbf{N}_i (\mathbf{N}_i - \mathbf{n}_i) \left(\frac{\mathbf{M}_i - \mathbf{m}_i + \mathbf{r}_i}{\mathbf{M}_i} \left(\frac{1}{\mathbf{y}_i} - \frac{1}{\mathbf{r}_i} \right) + \frac{1}{\mathbf{m}_i} - \frac{1}{\mathbf{n}_i} \right)}$$

donde **N_i** representa el tamaño estimado de la población en el momento **i**,

M_i representa el número de animales marcados; **n_i** es el número de animales capturados; **m_i** es el total de animales marcados que se capturaron el día **i**; **r_i** es el número de animales marcados y liberados en la captura **i**; **z_i** es el número de animales marcados antes de la captura **i** que no se capturaron en **i** pero si después, **y_i** es el número de individuos marcados y liberados en el día **i** capturados subsecuentemente.

Las condiciones de este modelo de población abierta son más flexibles, sin embargo, la estimación del tamaño de la población es menos precisa. Las condiciones del modelo son: 1) Cada animal es la población, marcado o no, tiene la misma probabilidad de ser capturado en la muestra **i**, siempre y cuando este vivo y dentro de la población al momento de la muestra, 2) Cada animal marcado tiene la misma probabilidad de sobrevivir de la muestra **i** a la muestra **i+1** y de estar en la población al momento de tomar la muestra **i+1**, tomando en cuenta que este vivo y en la población inmediatamente después de la liberación **i**, 3) Cada animal capturado en la muestra **i** tiene la misma probabilidad de regresar a la población y 4) Los animales marcados no pierden sus marcas y todas las marcas se reportan al recuperarse.

Modelo propuesto por Darling – Morowitz (1986)

El primer estimador sugerido por estos autores se realiza construyendo la gráfica donde se representa la aparición de animales nuevos, donde **x** es igual al número de fotoidentificaciones realizada, y **y** es igual al número de animales diferenciados. Si el número de animales diferenciados cada vez es igual al número de identificaciones realizadas, la gráfica se construirá linealmente con una pendiente de 1 y a medida que en las identificaciones no aparezcan animales nuevos la gráfica tenderá a abatirse hasta tomar un valor de **y** que será igual al tamaño

de la población (**N**). Es en este momento en el cual por más identificaciones que se realicen no aparecerá ningún animal nuevo. Debido a que en la mayoría de los casos no es posible realizar en el campo las identificaciones necesarias para que $y=N$, el valor de **N** tiene que ser ajustado empíricamente para las **x** y las **y** experimentales en la relación:

$$y = N (1-(1-1/N)^x)$$

La segunda estimación es el uso de la distribución Bernoulli como un modelo probabilístico. Se define **Xi** como el número de animales identificados **i** veces distintas en **n** identificaciones. Este modelo supone que: 1) el número total de animales (**N**) no cambia durante el periodo de observación, 2) las observaciones son independiente y 3) la probabilidad de observar un animal es la misma para todas.

Se presume que se describe como un experimento de Bernoulli debido a la probabilidad de que un animal aparezca en una fotoidentificación como $1/N$ y de que no aparezca como $1-1/N$. Por lo tanto la probabilidad de que aparezca un animal **i** veces en **n** fotoidentificaciones es:

$$p(i) = [n!/(n-i)! i!] (1/N)^i (1-1/N)^{n-i}$$

en donde **p(i)** es la probabilidad de obtener **i** éxitos (aparición en una fotografía) en **n** ensayos (fotoidentificaciones), lo que genera la distribución binomial donde:

$$Xi = Npi = [Nn!/(n-i)! i!] (1/N)^i (1-1/N)^{n-i}$$

Para estos casos el valor de **N** es ajustado empíricamente teniendo como base los datos reales; para este estudio el valor inicial de **N** es

igual a 44 orcas, debido a que este es el número total de orcas identificados.