



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR  
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA

## TESIS

# DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE LOS ATAQUES DE ORCAS A BALLENAS JOROBADAS EN EL PACÍFICO MEXICANO CON BASE EN SU DISTRIBUCIÓN, SEXO Y PIGMENTACIÓN.

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**BIÓLOGO MARINO**

PRESENTA:

**ADRIANA CITLALLI DEL ÁGUILA VARGAS**

DIRECTOR:

**DR. JORGE URBÁN RAMÍREZ**

La Paz, Baja California Sur, Enero de 2014

A Paty y Lola<sup>†</sup>,

los dos pilares de mi vida,

por enseñarme a ser una mujer fuerte.



---

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi Director de Tesis, Dr. Jorge Urbán, por darme la oportunidad de integrarme al Programa de Investigación de Mamíferos Marinos, por creer en mí para desarrollar este tema de tesis, por darme la oportunidad de ser su ayudante académico y así poder ampliar mi conocimiento sobre mamíferos marinos, por el tiempo y las enseñanzas.

Gracias al comité revisor: Dr. Jorge Urbán, Dr. Héctor Reyes y Dra. Úrsula González, por sus observaciones y comentarios que ayudaron a que este trabajo quedara lo mejor posible.

A mi querida familia (Gonz, Paty, Lola<sup>†</sup> y Victor) por su apoyo incondicional. Mami gracias en verdad por ser mi todo!; por el amor, la confianza, por tu apoyo y por siempre creer en mí. Gonzo, eres el mejor regalo! Gracias por los consejos, por creer en mí y por las porras. Abue, gracias por ser más que un abuelo para mí y mi hermano. Abuelita, gracias por ser mi ángel de la guarda, pues sé que siempre estás conmigo. Los amo inmensamente!

Brenda, gracias por creer en mí y por los buenos deseos, también por mis bellos sobrinos, Zoe y Rafa (mis bebés), porque han traído nuevas alegrías a mi vida .

Gracias también al resto de mi familia, que siempre ha estado al pendiente, por emocionarse y consentirme cada vez que los visito.

Familia Borjes-Flores, gracias por adoptarme como parte de su familia y por siempre estar al pendiente de mi y de todas, la carrera y nuestra estancia en La Paz sería muy diferente si no hubiéramos contado con su apoyo.

A mi familia paceña (Diego, Dona, Abi, Pau, Eli, David, Renne, Magda, Mariana, Gabo, Dani, Mirsha, Abilene, Mili), por hacerme pasar tan buenos momentos, por estar siempre conmigo y por enseñarme que para ser familia no necesitamos compartir la misma sangre.

A mis queridas pilas (Dona, Abi, Pau, Eli, Magda, Pimpon) por enseñarme el valor de la amistad, por su apoyo siempre, por las risas, los ánimos y tan bien por las lágrimas, gracias por recargarme de energía cuando lo he necesitado.

A las chicas del Taller de Danzas Orientales (Annette, Abi, Caro, Mariana, Eli, Chio, Laura, Areli, Estefy, Dona, Prisci) especialmente a las Habibis, por devolverme el sentido de pertenencia que tanto necesitaba, y porque sin saberlo

---



fueron un motor importante para poder terminar este trabajo, gracias por su amistad. Annette gracias por la linda amistad y por las enseñanzas en muchos sentidos. Caro mil gracias por siempre tener una sonrisa que compartir, alegras la vida de los demás con tu espontaneidad, amo reír con el dúo dinámico!!

Oswaldo tendría que hacer otra tesis si enlistara cada una de las cosas que te agradezco! Gracias por darme ánimos siempre que los necesité, porque estuviste ahí desde el principio hasta el final de este trabajo aguantándome en toditas las etapas, por siempre ayudarme (o intentar hacerlo) de la mejor manera posible, por ser un buen consejero e incluso por las revisiones y comentarios; pero sobretodo gracias por escucharme (que ya con eso es decir bastante). Gracias por las hijas (Choco y Lucky) que tanta alegría han traído a mi vida pero más por Mi Loca (estábamos predestinadas a estar juntas) Por cierto: ¿Qué comiste? ☺

A aquellos amigos que aun sobreviven a pesar del tiempo y la distancia, Yoa y Beto. En verdad gracias pues a pesar de todo siguen conmigo dándome ánimos en todo el camino, compartiendo risas y aventuras. Los quiero!

Úrsula gracias por enseñarme a disfrutar a las Jorobadas y a trabajar con ellas en campo. Por ayudarme en las actividades de detective para poder encontrar discos, fotos, bitácoras y demás de SPLASH, créeme que me salvaste muchas veces cuando estaba al borde de la histeria. También por tantas ocurrencias en campo y en el laboratorio.

Lore, Carlosh e Hiram, gracias por enseñarme todas las técnicas para poder disparar la ballesta y tomar biopsias de las ballenas, y por su paciencia en campo pues al final lo logré ☺.

Chicas Jorobadas gracias por tan buenos momentos en campo y en lab; Flor en verdad muchas gracias por tu amistad y por hacerme más alegre la estancia en el lab.

A todos los miembros del PRIMMA y a los diferentes equipos de campo con los que he tenido la oportunidad de trabajar y convivir, gracias a todos por las pláticas y las enseñanzas en campo.

Por último gracias a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta estuvieron ahí en los momentos justos.



## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
CARACTERÍSTICAS DE ESPECIE .....	3
DISTRIBUCIÓN .....	5
ESTADO DE CONSERVACIÓN. ....	8
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>10</b>
DEPREDACIÓN .....	10
PATRÓN DE PIGMENTACIÓN .....	15
<b>OBJETIVO</b> .....	<b>18</b>
OBJETIVOS PARTICULARES .....	18
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>20</b>
ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO .....	20
BAHÍA DE BANDERAS .....	20
PARTE SUR DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA .....	21
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>22</b>
TRABAJO DE CAMPO .....	22
TRABAJO DE ESCRITORIO .....	25
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>32</b>
PRESENCIA DE CICATRICES POR ATAQUES DE ORCAS .....	33
PATRÓN DE PIGMENTACIÓN .....	37
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>40</b>
PRESENCIA DE CICATRICES POR ATAQUES DE ORCAS .....	40
PATRÓN DE PIGMENTACIÓN .....	45
INCIDENCIA DE CICATRICES EN FUNCIÓN DEL PATRÓN DE PIGMENTACIÓN .....	46
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>48</b>





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología externa de la ballena jorobada. (Dibujo de Uko Gorter, Tomado de Niño-Torres <i>et al.</i> , 2011) .....	4
Figura 2. Distribución de la ballena jorobada en el Pacífico Norte. ....	6
Figura 3. Distribución de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano.....	6
Figura 4. Unidades poblacionales de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano.....	7
Figura 5. Áreas de estudio .....	21
Figura 6. Embarcaciones utilizadas en el trabajo de campo: a) Zodiac , b) Panga, c) Barco “Pez Sapo”, d) Barco “Amigo”, e) Velero “Russamee”. ....	23
Figura 7. Equipo para coleccionar una biopsia: a) Flechas y b) Ballesta.....	24
Figura 8. Clasificación de acuerdo a la presencia de cicatrices producidas por orcas (1: Cicatrices con partes faltantes, 2: tres o más cicatrices, 3: una o dos cicatrices presentes, 4: marcas no definidas, 5: sin cicatrices). ....	28
Figura 9. Clasificación de acuerdo a la coloración de la parte ventral de la aleta caudal.....	29
Figura 10. Proporción de ballenas con cicatrices en el Pacífico mexicano, 2004-2006, incluyendo el nivel de daño a la caudal. ....	34
Figura 11. Proporción de ballenas con cicatrices por zona de congregación, IC: AR 28% - 35%, CC 24% - 30%, BC 27%- 37% (AR: Archipiélago de Revillagigedo; BC: Península de Baja California; CC: Costa continental) .....	35
Figura 12. Proporción de ballenas con cicatrices por sexo (IC: Machos 25% - 34%, Hembras 32% - 46%). ....	35
Figura 13. Severidad de las cicatrices causadas por orcas en cada sexo. ....	36
Figura 14. Proporción de los patrones de pigmentación de la aleta caudal de las ballenas jorobadas en el Pacífico Mexicano, 2004-2006. ....	37



Figura 15. Proporción de los patrones de pigmentación de la aleta caudal de las ballenas jorobadas, por congregación del Pacífico mexicano, 2004-2006 (AR: Archipiélago de Revillagigedo; BC: Península de Baja California; CC: Costa continental)..... 38

Figura 16. Proporción de patrones de pigmentación de la aleta caudal de las ballenas jorobadas por sexo..... 38

Figura 17. Proporción de individuos con cicatrices por ataques de orca de acuerdo al patrón de pigmentación de la aleta caudal de las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano, 2004-2006..... 39



---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Número de fotografías de aletas caudales de individuos de ballenas jorobadas en los catálogos de este estudio (AR: Archipiélago de Revillagigedo; BC: Península de Baja California; CC: Costa continental) ..... 32

Tabla II. Número de individuos con identificación de sexo ..... 33

Tabla III. Número de individuos de ballenas jorobadas según la clasificación de cicatrices producidas por orcas, en cada región del Pacífico mexicano, 2004-2006. .... 33



## RESUMEN

El principal depredador de las ballenas jorobadas es la orca, a pesar de que los encuentros con este depredador son raramente observados es posible encontrar cicatrices producidas por las mordidas de orcas en la aleta caudal. En el Pacífico mexicano existen tres áreas de congregación de la ballena jorobada: sur de la Península de Baja California (BC), Costa Continental (CC) desde Sinaloa hasta Centroamérica, y El Archipiélago de Revillagigedo (AR); distinguiéndose dos subpoblaciones, una oceánica (AR y parte de BC y CC) y una costera (la mayor parte de CC). En este trabajo se determinó la frecuencia de ataques de orcas a ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano considerando su distribución, sexo y patrón de pigmentación de la aleta caudal. Durante 2004-2006 se foto-identificaron 1,728 individuos de las tres congregaciones con base a las características de la cara ventral de la aleta caudal. Todos los individuos fueron clasificados de acuerdo a la presencia de cicatrices de mordidas de orca y a su pigmentación. La proporción de ballenas con cicatrices para el Pacífico mexicano fue de 29.86%, la frecuencia más alta en el Pacífico Norte. Por su parte BC y AR tuvieron un 32% cada uno y CC resultó diferente significativamente, con 27.2%, lo que indica una frecuencia más alta de ataques de orcas en la subpoblación oceánica. A partir de análisis moleculares y conductuales se identificó el sexo de 543 ballenas, 356 machos y 186 hembras. La frecuencia de cicatrices entre sexos fue diferente significativamente (machos 30.0% y hembras 39.8%) sugiriendo que, las hembras son atacadas más frecuentemente al defender a sus crías. Al relacionar el patrón de pigmentación de la aleta caudal con la frecuencia de las cicatrices no se encontró una diferencia significativa entre las distintas pigmentaciones, lo cual sugiere que la pigmentación de la parte ventral de la aleta caudal no determina que tan vulnerables sean las ballenas jorobadas a ser atacadas por las orcas.



---

## ABSTRACT

The main natural predator of the Humpback whale is the Killer whale, although attacks are rarely witnessed is common to find rake mark scars on the Humpback whale's fluke. There are three mating and calving areas of Humpback whale in the Mexican Pacific: the southern region of Baja California Peninsula (BC); Mainland coast (CC) from Sinaloa to Central America; and Revillagigedo Archipelago (AR); in the zone there are two different sub-populations, one oceanic (AR and part of BC y CC) and one coastal (most of CC). In this work the frequency attacks from Killer whale to Humpback whale in Mexican Pacific was determined considering distribution, sex and pigmentation pattern of the fluke. Between 2004 and 2006, a total of 1,728 individuals from the three areas were photo-identified using the pigmentation patterns on the ventral surface of the fluke. All the individuals were classified according to the number of the killer whale rake mark scars and the fluke pigmentation. The rate of whales with scars in the Mexican Pacific was 29.86%. BC and AR had 32% respectively, while CC was significantly different with 27.2%, these results suggest higher frequency in the oceanic subpopulation. The molecular and behavioral analysis differenced the gender of 543 whales, 356 males and 186 females. After analyzing the rate of males (30.0%) and females (39.8%) with scars, significant differences were found; this suggests that the females are attacked more frequently while they are defending their calves. When fluke pigmentation was associated with rake mark scars frequency no significant differences were found. This suggests that ventral fluke pigmentation don't determine how humpback whales are vulnerable to be attacked by killer whales.



## INTRODUCCIÓN

Debido a su posición geográfica, México posee una gran diversidad biológica y ecosistémica. Sus costas se extienden entre las influencias oceánicas del Atlántico centro-occidental y del Pacífico centro-oriental, a lo largo de 11,122 km (INEGI, 2011) representando con ello alrededor del 65% del territorio (Lara-Lara *et al.*, 2008). Este litoral presenta una gran variedad de ambientes costeros derivados de la interacción de procesos geológicos, oceanográficos y atmosféricos que han traído como consecuencia la generación de una amplia gama de recursos y ecosistemas marinos, ocupando con ello el décimo segundo lugar a nivel mundial en riqueza específica de flora y fauna marina, dentro de ésta última los mamíferos marinos son parte importante (Falck, 2000; Lara-Lara *et al.*, 2008; Urbán, 2010).

Dentro de los mamíferos marinos, el Orden Cetacea es el que se encuentra mayormente representado en las aguas mexicanas, donde se han registrado el 42% de las especies reconocidas en el mundo. Del grupo de las ballenas barbadas (Suborden Mysticeti) en el Pacífico mexicano viven temporal o permanentemente 8 de las 13 especies reconocidas; entre estas se encuentra la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) y su principal depredador, la Orca *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758; Suborden Odontoceti) (Niño-Torres *et al.*, 2011).

### Características de especie

La ballena jorobada es un miembro de la Familia Balaenopteridae, el grupo de las ballenas barbadas comúnmente conocidas como rorcuales, que se caracterizan por presentar numerosos pliegues en la región gulo-ventral (Reeves *et al.*, 2009; Fleming y Jackson, 2011).

El cuerpo de la ballena jorobada es robusto y se adelgaza en forma abrupta hacia los extremos, mide en promedio 15 m, siendo ligeramente más grandes las



hembras que los machos, y pesa entre 30 y 40 t. Es el rorcual que posee las aletas pectorales más largas, cuya longitud equivale a cerca de un tercio de la longitud total del cuerpo. Presenta una aleta dorsal situada en el último tercio del cuerpo sobre una giba, cuya forma y tamaño puede variar; la aleta caudal es simétrica y mide un tercio de la longitud total del cuerpo, además presenta un margen posterior aserrado. La coloración de esta especie es negra en el dorso, mientras que la parte ventral va del negro al blanco, incluyendo aletas pectorales y aleta caudal. La aleta caudal varía considerablemente en cuanto a coloración, existiendo diversas combinaciones de blanco y negro, este patrón junto con la forma del margen posterior de la aleta es distintivo para cada individuo (Figura 1, Clapham y Mead, 1999; Fleming y Jackson, 2011).



**Figura 1.** Morfología externa de la ballena jorobada. (Dibujo de Uko Gorter, Tomado de Niño-Torres *et al.*, 2011)



## Distribución

La ballena jorobada se encuentra en la mayor parte de los océanos, principalmente en las costas o en la plataforma continental. Se distribuye en el Hemisferio Norte tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico, desde el ecuador hasta los 70°N, y en el Hemisferio Sur desde el ecuador hasta el margen de los hielos de la Antártica, entre los 60° y 70°S. Al igual que otros miembros de su familia (Balaenopteridae) pasa el verano alimentándose en aguas productivas en altas latitudes cerca de los polos, mientras que durante el invierno migra con fines reproductivos hacia aguas templadas en bajas latitudes (Clapham y Mead, 1999; Reeves *et al.*, 2009; Fleming y Jackson, 2011).

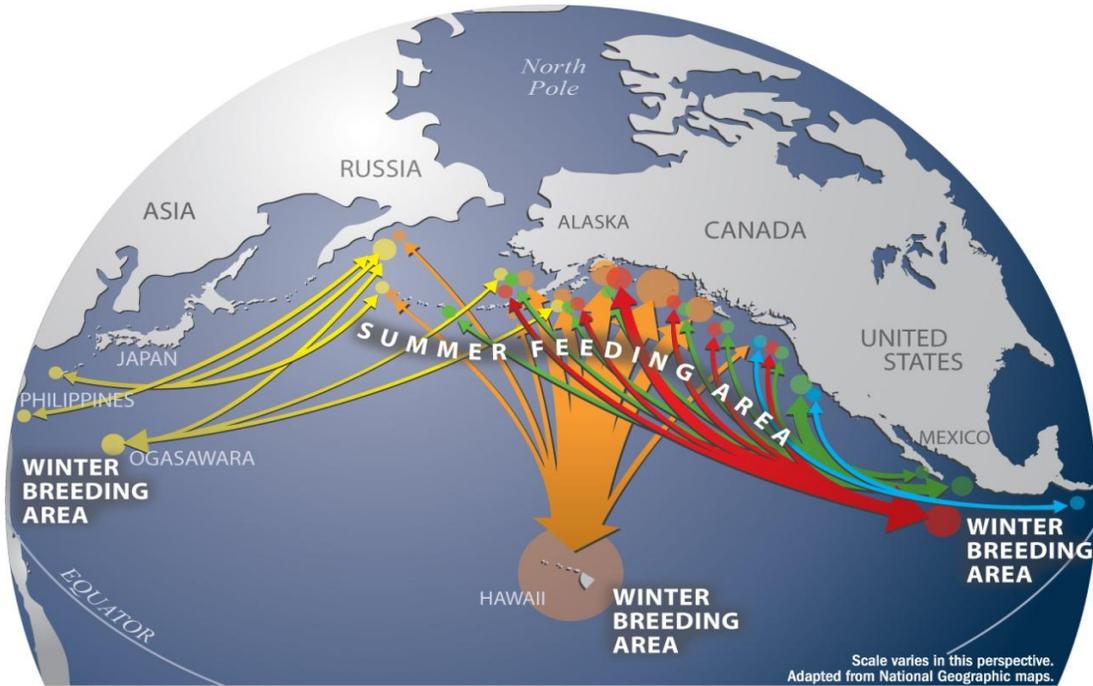
En el Pacífico Norte la estructura de la población es compleja, debido a que las ballenas presentan alta fidelidad a sus áreas de alimentación con poco intercambio de individuos entre áreas, y con una proporción de sexos de 1:1. En las congregaciones invernales presentan menor fidelidad, mayor movimiento de individuos entre las congregaciones y la proporción de sexos es alrededor de 3:1 (Rice, 1977; Calambokidis *et al.*, 1996; Urbán *et al.*, 2000).

Las zonas de alimentación se extienden desde la parte central de California hasta Japón, siendo zonas de altas concentraciones el sur de Alaska, Islas Aleutianas, y el Mar de Bering. Durante el invierno se agrupan en tres distintos stocks: Asiático, Hawaiano y Mexicano, que corresponden al oeste del Pacífico Norte, Pacífico Central y este del Pacífico Norte, respectivamente (Urbán *et al.*, 2000; Calambokidis *et al.*, 2001; Barlow *et al.*, 2011; Figura 2).

En el Pacífico mexicano la ballena jorobada se congrega principalmente, durante los meses de invierno, en tres regiones: 1) sur de la costa oeste de Baja California, desde Isla Cedros hasta Cabo San Lucas, alrededor del extremo sur de la península y hasta la parte norte de Isla San José en el Golfo de California; 2) a lo largo de la costa continental desde Sinaloa en México hasta Centroamérica, principalmente alrededor de Islas Tres Marías, Isla Isabel y en Bahía de Banderas;

---

y 3) alrededor del Archipiélago de Revillagigedo: Isla Roca Partida, Isla San Benedicto, Isla Socorro e Isla Clarión (Rice, 1977; Urbán y Aguayo, 1987; Figura 3).



**Figura 2.** Distribución de la ballena jorobada en el Pacífico Norte.



**Figura 3.** Distribución de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano.



Estás tres zonas de congregación corresponden a dos unidades poblacionales (González-Peral, 2011; Figura 4):

- 1) *Unidad Poblacional Costera*, conformada por ballenas que se alimentan en California-Oregón, y se reproducen en la costa continental de México y/o Centroamérica, utilizando como área de tránsito las regiones de Baja California y la costa continental; pueden permanecer en dichas regiones por periodos de tiempo cortos, como es el caso de Baja California, o más largos, como en la costa continental.
- 2) *Unidad Poblacional Oceánica*, conformada por ballenas provenientes de diferentes zonas de alimentación, principalmente el oeste del Golfo de Alaska, Mar de Bering y el norte del Golfo de Alaska, y que se reproducen en el Archipiélago de Revillagigedo, en Baja California y en la costa continental, presentando movimientos entre las tres regiones. En algunos casos presentan mayor fidelidad a una región, principalmente al Archipiélago de Revillagigedo, pero al presentar movimientos hacia las otras dos regiones se consideran ballenas de la misma unidad poblacional.



**Figura 4.** Unidades poblacionales de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano.



## Estado de conservación.

La ballena jorobada fue sujeta a una intensa caza comercial durante el siglo XIX y parte del siglo XX, reduciendo drásticamente su población mundial en un 90%. A partir de 1955 la Comisión Ballenera Internacional (IWC por sus siglas en inglés) comenzó a protegerla de la captura comercial, empezando por prohibirla en el Océano Atlántico Norte; en el Hemisferio Sur se prohibió en 1963 y finalmente en 1966 la protección se extendió al Pacífico Norte (IWC, 1966; Gambell, 1976; Winn y Reichley, 1985).

Antes de la explotación comercial, la población del Pacífico Norte contaba con alrededor de 15,000 ballenas (Rice, 1977) pero después de la intensa caza se estimó, para finales de la década de los 60's, entre 1,200 (Johnson y Wolman, 1984) y 1,400 ballenas (Gambell, 1976). Actualmente la especie está protegida tanto por la IWC como por los gobiernos de distintos países, lo cual ha permitido que la población crezca y que se encuentre en vías de recuperación.

La última estimación para el Pacífico Norte en los años de 2004 a 2006 fue de 21,808 individuos, con una tasa de crecimiento anual del 8.1% (Barlow *et al.*, 2011). Para el Pacífico mexicano Urbán *et al.* (1999) estimaron para el año 1992 alrededor de 3,000 individuos, posteriormente Martínez-Aguilar (2011) estimó alrededor de 8,100 individuos para los años de 2004 a 2006, con una tasa de crecimiento anual del 8.9%.

Actualmente, todas las poblaciones de esta especie se encuentran bajo la clasificación de “stocks protegidos” por la IWC, y se considera en diferentes categorías de amenaza para su conservación: en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) se encuentra como “Least concern” (preocupación menor), la cual corresponde al nivel más bajo de amenaza para la especie (IUCN, 2012). En la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro de Extinción (CITES) se le encuentra en el Apéndice I, correspondiente a las especies más amenazadas (CITES, 2012). En



México se encuentra como especie “Bajo protección especial” en la NOM 059-SEMARNAT-2010, la cual corresponde a la categoría de menor amenaza para la especie (SEMARNAT, 2010).



## ANTECEDENTES

### Depredación

Al igual que otros mysticetos, la ballena jorobada tiene pocos depredadores naturales, el más importante es la orca (Jefferson *et al.*, 1991), aunque se han reportado también ataques por parte de orcas falsas (*Pseudorca crassidens*, Owen, 1846) y algunas especies de grandes tiburones (Naessig y Lanyon, 2004).

La orca es de los cetáceos más robustos, pertenece al Suborden Odontoceti y es el delfínido más grande que existe. Se le encuentra desde los hielos polares hasta las regiones ecuatoriales, pero son más abundantes en hábitats costeros y en altas latitudes. Miden entre 7 y 9 m de longitud, siendo los machos más grandes que las hembras. Presentan dimorfismo sexual en la aleta dorsal, la cual llega a medir 190 cm en machos y 90 cm en hembras (Guerrero-Ruiz *et al.*, 2006).

Esta especie es considerada un depredador tope, es decir, se encuentra en el nivel más alto de la cadena trófica; poseen entre 10 y 13 pares de dientes cónicos en la maxila y mandíbula que se articulan fuertemente, permitiéndoles consumir una gran variedad de presas en las que se incluyen: peces, moluscos, aves, reptiles, pinnípedos y cetáceos (Leatherwood y Reeves, 1983)

Jefferson *et al.* (1991) mencionan que las orcas atacan o acosan a 20 especies de cetáceos, incluyendo a la ballena jorobada. Sin embargo no todas las orcas en el Pacífico Norte atacan mamíferos marinos, se han descrito tres ecotipos: 1) transeúntes, que incluyen en su dieta a otros mamíferos marinos como ballenas, delfines y pinnípedos; 2) residentes, que se alimentan de peces e invertebrados; y 3) oceánicas cuya alimentación es poco conocida (Ford, 2009).

En el caso de las orcas que se distribuyen en el Pacífico mexicano, de acuerdo a su alimentación podrían considerarse del ecotipo Transeúnte, pero su estructura social y movimientos en el área podría indicar un ecotipo diferente, más cercano a la forma oceánica. (Urbán *et al.*, 2007; Guerrero-Ruiz, 2013).



### **Ataques documentados**

Los ataques de orcas a ballenas jorobadas son raramente observados, por lo que se cuenta con pocas publicaciones que los registren. El primero de estos fue documentado por Whitehead y Glass (1985), quienes observaron dos agresiones ocurridas en una zona de alimentación de la población de ballenas jorobadas en el Atlántico.

Por su parte Flórez-González *et al.* (1994) reportan el primer ataque ocurrido en una zona de reproducción del Pacífico Colombiano; en éste se observó a orcas acosando a una madre con cría y escolta. Las orcas mostraron una coordinación estratificada por sexo y edad, es decir, que las orcas macho contuvieron a ballenas jorobadas adultas mientras las orcas hembras y crías concentraron su esfuerzo en la ballena joven.

En Australia, Paterson y Paterson (2001) reportaron una agresión que involucró la posible muerte de la cría, mientras que Naessig y Lanyon (2004) documentan por primera vez la muerte de una cría. Ambos reportes aseguran que las orcas matan a las crías de jorobadas durante su migración a lo largo de la costa oeste de Australia.

En el Pacífico mexicano existen reportes de ataques y persecuciones de orcas a misticetos, de los que más del 50% han sido a ballenas jorobadas y se han observado en la costa continental (principalmente en Bahía de Banderas), Archipiélago de Revillagigedo (Isla Socorro e Isla Clarión), así como en la parte sur de la Península de Baja California (Isla San José) (Guerrero-Ruiz *et al.*, 2007).



## **Evidencia de ataques**

Debido a que los encuentros entre las orcas y las ballenas son raramente observados, se ha utilizado evidencia de ataques no letales por parte de las orcas a grandes cetáceos como un indicador de las interacciones de depredación (Steiger *et al.*, 2008). La evidencia consiste en cicatrices conformadas por al menos tres líneas paralelas, asemejando las marcas de un rastrillo, las cuales son consistentes con el patrón de dentición de las orcas (Mehta, 2004). Estas cicatrices son encontradas predominantemente en la aleta caudal y aletas pectorales, puesto que las orcas prefieren estas áreas para inmovilizar y sumergir a su presa (Rice y Wolman, 1971); es por esto que las fotografías de las aletas caudales de las ballenas jorobadas usadas para la foto-identificación de individuos se han empleado para evidenciar los ataques.

El primer estudio de este tipo en ballenas jorobadas fue realizado por Katona *et al.* (1980) en el Atlántico Norte, reportando que el 33% de las ballenas presentaron cicatrices de ataques de orcas. Posteriormente Dolphin (1987) observó que en Alaska (zona de alimentación) existe una tasa de cicatrices del 15% al 20% la cual es comparable a lo encontrado para ballenas grises (18%) por Rice y Wolman (1971). De acuerdo a esto, Dolphin (1987) sugiere que los animales jóvenes son más susceptibles a ser acosados durante la migración cuando el tamaño de grupo es bajo, puesto que tanto en zonas de alimentación como de reproducción los ataques son escasos, además de ser los animales pequeños los que presentan nuevas cicatrices.

Por su parte Naessig y Lanyon (2004) examinaron la incidencia de las cicatrices de agresión no letal así como sus posibles fuentes, en el este de Australia. Ellos encontraron que 17% de las ballenas presentaban algún tipo de marca, 98% de ellas correspondieron al patrón de dentición de las orcas mientras que en sólo seis individuos las heridas correspondieron con otro depredador (cuatro provocadas por tiburón y dos por orca falsa). Únicamente tres individuos



presentaron un incremento en el nivel de cicatrices después del primer avistamiento por lo que se cree que la mayoría de éstas, fueron adquiridas cuando eran crías o jóvenes.

En el sur de la Península de Baja California, González-Peral (2006), encontró que para la temporada de reproducción de 2003 (n=166) el 25.3% de las ballenas foto-identificadas presentaron cicatrices producidas por ataques de orcas, siendo este un porcentaje más alto que en cualquier zona de alimentación, sugiriendo que estos ataques ocurren en su mayoría en regiones de reproducción. Por su parte Espinosa-Paredes (2006) encontró que en las temporadas 2004 (n=228) y 2005 (n=273) entre el 18% y el 20%, respectivamente, de las ballenas jorobadas que se congregan en la Península de Baja California presentan marcas provocadas por orcas; mientras que, las que se encontraron en el Archipiélago de Revillagigedo presentan entre el 37% (n=324, temporada 2004) y el 40% (n=265, temporada 2005) concluyendo que en aguas oceánicas son más frecuentes los ataques de orcas.

En una revisión de fotografías de misticetos (ballena jorobada y ballena azul) en 24 regiones del mundo, Mehtá *et al.* (2007) determinaron que existe una considerable variación geográfica en la proporción de ballenas jorobadas con cicatrices que va del 0% al >40%, siendo México la región en el Pacífico Norte que presentó la mayor proporción (40%, n=377, IC 35% - 45%) seguido de Nueva Zelanda (37%, n=8, IC 13.5% - 69.6%) y Nueva Caledonia (31%, n=167, IC 24.8% - 38.8%). Analizaron también la adquisición de marcas por ataques de orcas en ballenas jorobadas con re-avistamientos en diferentes años, encontrando que menos del 7% adquirieron nuevas heridas después de su primer avistamiento, lo que sugiere que las orcas seleccionan animales jóvenes, probablemente crías en su primera migración hacia las zonas de alimentación; en este análisis se encontró que el mayor porcentaje de individuos que adquirieron cicatrices después de su primer avistamiento fueron los encontrados en México con un 13.7%.



En el Pacífico Norte, Steiger *et al.* (2008) compararon la proporción de cicatrices en las aletas caudales de las ballenas jorobadas de 16 zonas tanto de alimentación como de reproducción. Ellos encuentran diferencia significativa entre zonas, siendo las de reproducción las que presentaron mayores proporciones. De las tres zonas de reproducción (Japón, Hawaii y México) México fue la que presentó una mayor frecuencia (26%, n= 562): 31% para la costa continental de México, 26% para el Archipiélago de Revillagigedo y 23% para el sur de la Península de Baja California.



## Patrón de pigmentación

La ballena jorobada posee una alta variabilidad en lo que a la pigmentación de la parte ventral de su cuerpo respecta, va del blanco al negro en distintas proporciones e incluye la aleta caudal. Esta parte del cuerpo puede ser fácilmente fotografiada, ya que es común observar que previo al buceo profundo, la ballena jorobada arquee el dorso y termine con la exposición de la aleta caudal (Katona y Whitehead, 1981; Clapham y Mead, 1999).

Las fotografías de la parte ventral de la aleta caudal son utilizadas para identificar individualmente a los organismos, a partir de la coloración y de distintos tipos de marcas. Esta técnica, conocida como foto-identificación, es una herramienta importante que permite estudiar el comportamiento animal, la ecología y la biología de una población. En la ballena jorobada estos estudios han permitido: estimar la abundancia, determinar los destinos migratorios, la tasa de reproducción, entre otros (Würsing y Jefferson, 1990; Wells, 2002). De igual forma la comparación de patrones de coloración y la presencia de marcas en el cuerpo, puede ser útil en la diferenciación de stocks de cetáceos (IWC, 1990).

Algunas investigaciones han sugerido que la pigmentación de las ballenas jorobadas varía regionalmente. En regiones del Hemisferio Sur las diferencias han sido documentadas por varios autores (Lillie, 1915; Matthews, 1937; Omura, 1953; Allen *et al.* 1994) mientras que en el Hemisferio Norte, Pike (1953) con base en ballenas cazadas por balleneros canadienses, reportó que las ballenas de la Columbia Británica en Canadá fueron más oscuras que las encontradas en el Hemisferio Sur. De acuerdo a observaciones aéreas realizadas por Herman y Antinaja (1977) la parte dorsal de aletas pectorales de las ballenas jorobadas en Hawaii es más oscura que las de ballenas en el Este del Pacífico Norte, concluyendo que puede existir aislamiento entre los dos grupos.

De igual forma, Glockner y Venus (1983) estudian la coloración en las aletas pectorales, aleta caudal y costados del cuerpo de las ballenas jorobadas en



Hawaii, encontrando que estos caracteres son muy variables entre la población. Proponen una clasificación para la coloración de la parte ventral de la aleta caudal que incluye cinco patrones que se distinguen por la cantidad de pigmentación blanca y negra.

A partir de su análisis de pigmentación, Baker *et al.* (1986) demuestran que existe una distribución clinal de la coloración en las congregaciones de alimentación de ballena jorobada en el este y centro del Pacífico Norte, siendo los organismos encontrados en el este más negros que los del oeste. Sin embargo en las zonas de reproducción (Hawaii y México) no encuentran diferencia significativa entre la coloración, es decir, los valores para cada coloración son similares; además los valores para estas congregaciones resultaron intermedios, respecto a las coloraciones observadas en áreas de alimentación lo cual podría significar un aparente traslape de los grupos de alimentación en las zonas de reproducción.

En el Atlántico noroccidental, Allen *et al.* (1994) encuentran la proporción de caudales más oscuras en el Golfo de Maine (la región más al sur) y las más claras cerca de Groenlandia; también encontraron diferencia significativa entre las zonas de reproducción, sin embargo las zonas de alimentación no fueron diferentes significativamente de las zonas de reproducción, lo cual apoya la hipótesis de que las congregaciones de las diferentes regiones de alimentación se mezclan en las zonas de reproducción. Adicionalmente estos autores analizan la relación entre el sexo y la pigmentación de las aletas caudales en dos regiones de reproducción, sus resultados indicaron que las caudales de las hembras son significativamente más oscuras que las de los machos, sugiriendo un distinto uso de hábitat.

A partir de una comparación de pigmentación a nivel mundial, Rosenbaum *et al.* (1995) encuentran diferencias entre las zonas de reproducción de poblaciones interoceánicas. Las congregaciones del Océano Austral analizadas presentaron la mayor proporción de caudales con pigmentación clara, mientras las



congregaciones del Pacífico Norte presentaron las mayores proporciones de pigmentación oscura. Los análisis estadísticos revelaron que todas las poblaciones difieren significativamente unas de otras en la distribución de las clases de pigmentación, con excepción de Hawaii vs Japón, México vs Japón, México vs Hawaii, este de Australia vs oeste de Australia y Antillas vs Colombia; todas estas regiones corresponden a su distribución invernal, durante su época de reproducción. La falta de diferencia entre estas regiones apoya la teoría de que ballenas jorobadas de diferentes zonas de alimentación se mezclan en las distintas zonas de reproducción durante el invierno.

Jaramillo-Legorreta (1995) realiza una comparación del intercambio de los organismos entre las zonas de congregación en el Pacífico mexicano. La comparación morfológica entre las tres regiones no indicó diferencias significativas en relación a la pigmentación, pero al relacionar la pigmentación con las marcas encontradas en la caudal se presentaron diferencias importantes entre los tres grupos. Estos resultados junto con un análisis de intercambio de individuos entre zonas, sugieren que cada una de las zonas de congregación podría formar un stock, aunque con cierto intercambio exitoso de animales reproductivos.

A partir de fotografías de Baja California Sur, González-Peral (2006) observa un gradiente en la frecuencia del patrón de pigmentación de las más oscuras (37.3%) a las más claras (7.8%), encontrando diferencias significativas entre las frecuencias de Baja California Sur respecto a todas las zonas de alimentación estudiadas del Pacífico Norte. Eso sugiere que las frecuencias observadas en Baja California Sur son resultado de una mezcla de ballenas provenientes de varias zonas de alimentación, dominando unas más que otras dependiendo del momento de la temporada; y que posiblemente una proporción importante de ballenas provengan de zonas de alimentación no estudiadas en ese momento.



---

## OBJETIVO

Determinar la frecuencia de ataques de orcas a las ballenas jorobadas que se distribuyen en el Pacífico mexicano considerando su distribución, sexo y patrón de pigmentación de la aleta caudal.

### Objetivos particulares

- Comparar la proporción de cicatrices producidas por ataques de orcas en la aleta caudal de las ballenas jorobadas en tres congregaciones del Pacífico mexicano en las temporadas 2004 a 2006.
- Comparar la proporción de machos y hembras de ballenas jorobadas que presentan cicatrices producidas por ataques de orcas.
- Determinar la incidencia de cicatrices en función del patrón de pigmentación de la aleta caudal.
- Distinguir el nivel de daño provocado a las caudales de ballenas jorobadas por ataques de orca.



---

## JUSTIFICACIÓN

El Pacífico mexicano es una importante zona de reproducción de más de 8,000 ballenas jorobadas de las 20,000 que habitan en el Pacífico Norte (Barlow *et al.*, 2011); éstas se congregan en tres áreas principales: Sur de la Península de Baja California, a lo largo de la Costa Continental de México y en el Archipiélago de Revillagigedo.

De todas las zonas del Pacífico Norte, México es el lugar dónde se encuentra la mayor proporción de ballenas jorobadas con cicatrices provocadas por orcas; donde existe un mayor número de ballenas con cicatrices adquiridas después de su primer avistamiento; y es la zona que tiene mayor número de reportes de orcas alimentándose de ballenas jorobadas. Por tanto es la región donde las ballenas jorobadas presentan una mayor presión de depredación.

Considerando lo anterior, con un tamaño de muestra de cerca del 20% de la población estimada para el Pacífico mexicano, este trabajo pretende determinar si las ballenas jorobadas presentan una diferente presión de depredación por las orcas tomando en cuenta su distribución, su sexo y su coloración de la aleta caudal. Esta información permitirá entender mejor la ecología de las ballenas jorobadas así como evaluar si existe una presión diferente de ataques de orcas entre las dos unidades poblacionales descritas para el Pacífico mexicano.



---

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió las tres principales zonas de congregación de la Ballena jorobada en el Pacífico mexicano:

### Archipiélago de Revillagigedo

Se encuentra en el océano Pacífico occidental mexicano, entre los paralelos 18° 20' y 19° 20' N y los meridianos 110° 45' y 114° 50' W. Está ubicado a 350-650 km al suroeste del extremo sur de la península de Baja California y a más de 650 km al oeste de la costa de Colima. Se encuentra conformado por cuatro islas de origen volcánico: Socorro, Clarión, San Benedicto y Roca partida (Castellanos-Vera y Arnaud, 1995).

El archipiélago está sujeto a la influencia de las masas de agua formadas en dos sistemas de corrientes principales: el de la Corriente de California, y el de la Contracorriente Ecuatorial, que pasa a formar parte del agua del Pacífico tropical oriental. Además, cerca de la zona ocurre la formación de la Corriente Norecuatorial (Lluch-Cota *et al.*, 1995).

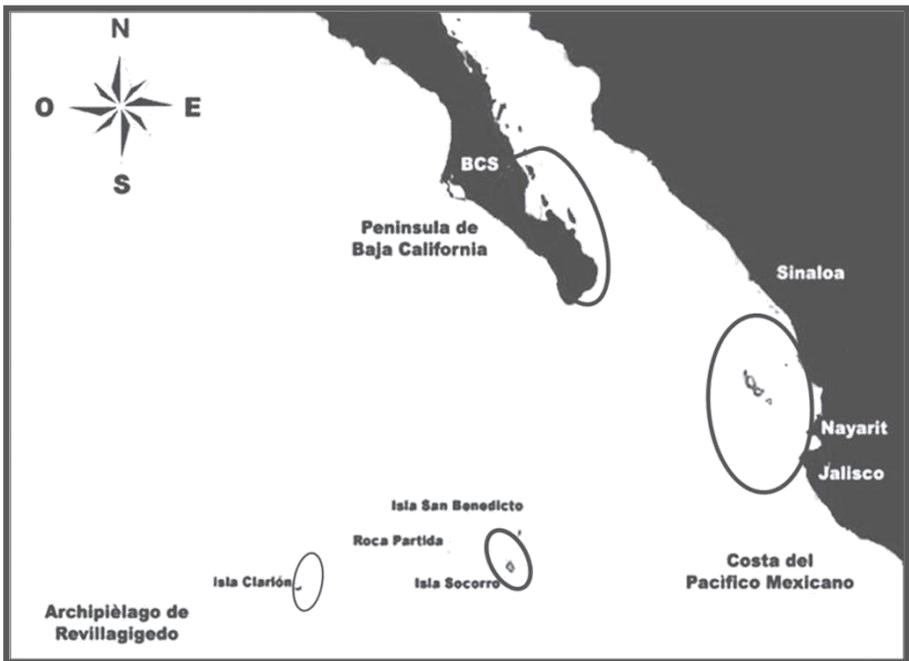
### Bahía de Banderas

Se localiza en el extremo sur oriental del Golfo de California, dentro de la boca del Golfo de California, entre los paralelos 20° 24' y 20° 45' N y los meridianos 105° 14' y 105° 42' O. Sus costas abarcan parte de dos estados, correspondiendo la porción norte al estado de Nayarit, desde el Río Ameca en la parte central de Bahía de Banderas, hasta Punta de Mita; y al estado de Jalisco en su porción Sur, desde el Río Ameca hasta Cabo Corrientes (Moncada-Cooley, 2005). Tiene una fuerte influencia oceánica cuya circulación varía estacional y anualmente, debido a la convergencia de tres importantes sistemas de corrientes marinas: 1) Corriente de California, 2) Corriente de Costa Rica y 3) las masas de agua densa y cálida del Golfo de California. Estas masas de agua convergen en esta región y se unen a la Corriente Norecuatorial (Badán, 1997; Carriquiry y Reyes 1997).



**Parte Sur de la Península de Baja California**

Abarca desde la parte norte de la Bahía de la Paz hasta la parte sur de Cabo San Lucas y se ubica entre las latitudes 22°20' y 25°20'N y entre las longitudes 109°00' a 111°00'W. La zona se encuentra influenciada por la circulación estacional de la Corriente de California, la Corriente Norecuatorial y la Corriente del Golfo, las cuales al presentar características hidrológicas propias constituyen una zona de transición (De la Lanza-Espino, 2001).



**Figura 5.** Áreas de estudio



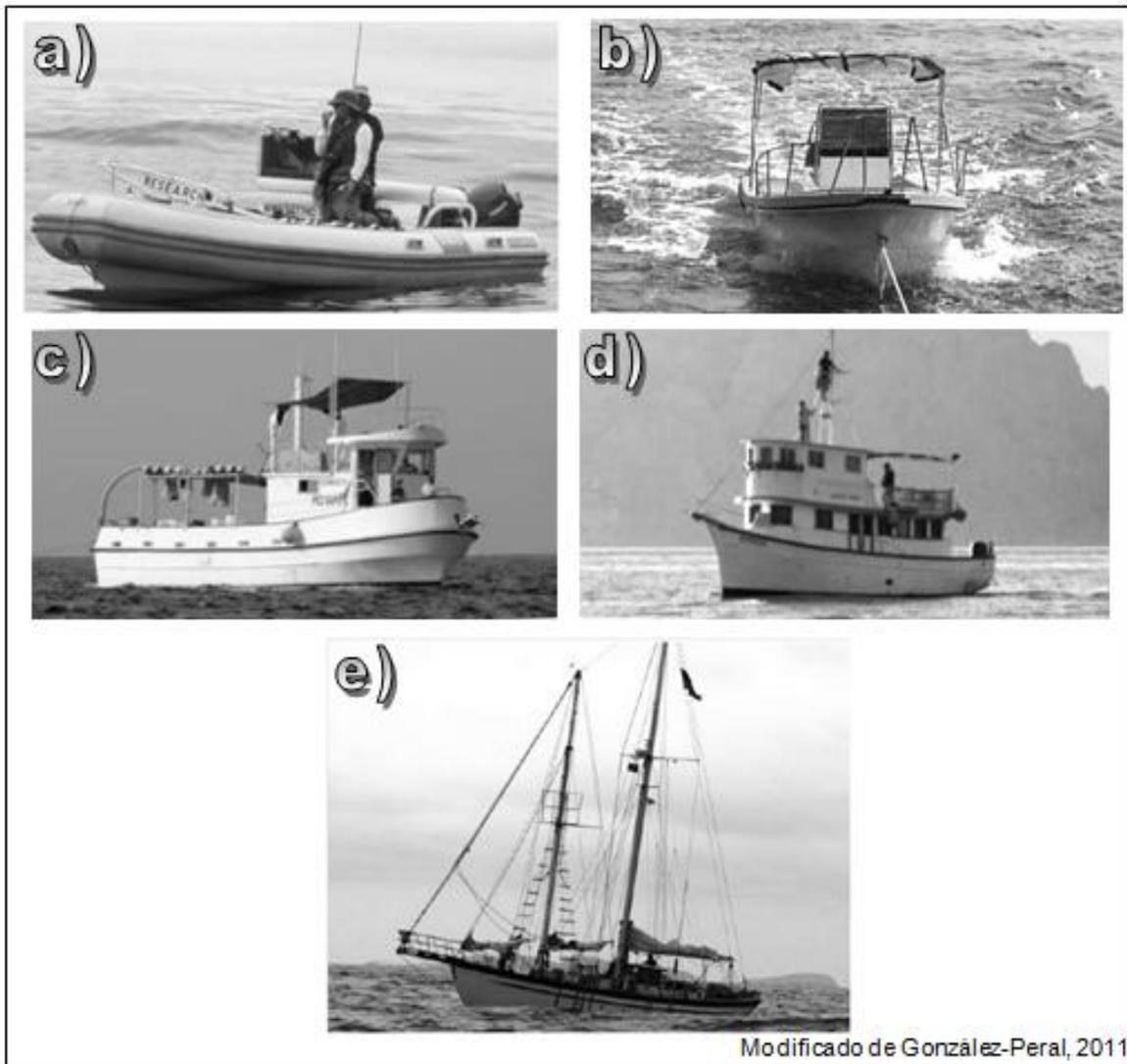
---

## METODOLOGÍA

### Trabajo de campo

El trabajo de campo fue realizado por diversos grupos de investigación y colaboradores independientes, como parte del proyecto internacional SPLASH (Structure Population, Levels of Abundance and Status of Humpbacks), llevando a cabo un extenso muestreo en todo el Pacífico Norte durante los años 2004 a 2006. En lo correspondiente al Pacífico mexicano el esfuerzo se realizó durante los meses de Diciembre a Abril (temporada invernal) de cada uno de los tres años, cubriendo las tres principales zonas de congregación de ballena jorobada: sur de la península de Baja California (BC), que comprendió la región entre Cabo Pulmo y Cabo San Lucas; la Costa continental de México (CC), concentrándose en la región de Bahía de Banderas, Isla Isabel y alrededor de las Islas Marías; y el Archipiélago de Revillagigedo (AR), principalmente alrededor de Isla Socorro e Isla Clarión.

Durante las tres temporadas se realizaron navegaciones en embarcaciones menores con motor fuera de borda (tipo Zodiac o tipo Panga. Figura 6a y 6b), y en algunas ocasiones en embarcaciones mayores (yates comerciales, Figura 6c y 6d). Adicionalmente se realizaron dos cruceros en la temporada 2005 a bordo de la embarcación “Russamee” (velero de investigación de 20 m de eslora, Figura 6e) y en 2006 a bordo de “Pez Sapo” (embarcación de 16 m de eslora, Figura 6c); ambas navegaciones se realizaron de Cabo San Lucas hacia la costa continental, cubriendo el área intermedia entre estas dos regiones así como alrededor de las Islas Marías e Isla Isabel.



**Figura 6.** Embarcaciones utilizadas en el trabajo de campo: a) Zodiac , b) Panga, c) Barco “Pez Sapo”, d) Barco “Amigo”, e) Velero “Russamee”.

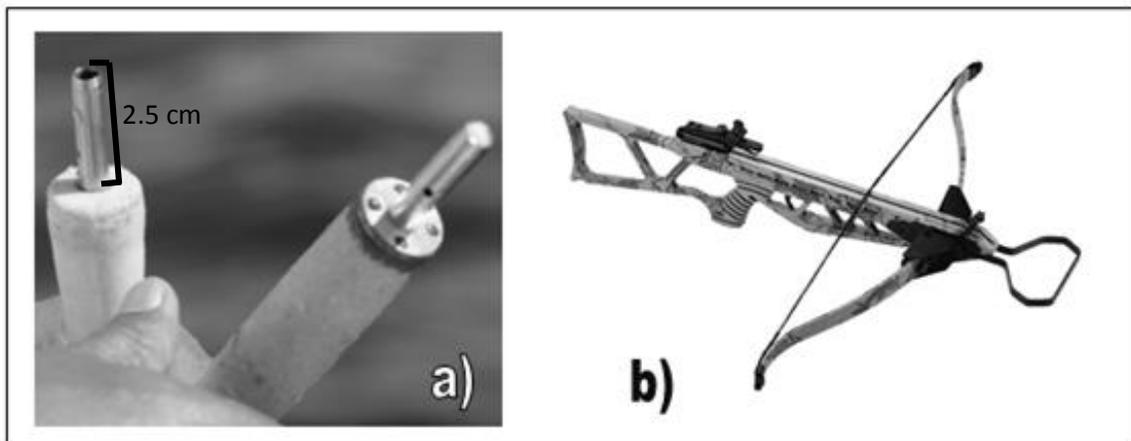
Durante todas las navegaciones se realizaron guardias de observación, registrando: horas de observación, localidad, fecha, hora inicial y final de cada uno de los avistamientos, posición inicial y final, número de avistamiento, tipo de embarcación además de observaciones meteorológicas (nubosidad, Beaufort, dirección del viento, tamaño de las olas, visibilidad, temperatura superficial del mar). De cada uno de los avistamientos se anotaron datos generales, tales como:



número de animales, composición del grupo, comportamiento, organismos asociados, dibujos de aletas caudales y aleta dorsal, fotografías y biopsias.

A cada uno de los organismos avistados se le tomaron: 1) fotografías de la parte ventral de la aleta caudal utilizando cámaras réflex digitales y 2) una biopsia de piel y grasa, ambos a una distancia aproximada de 20 m. La colecta de biopsias se realizó utilizando flechas con punta cilíndrica modificada (Figura 7a), disparadas por ballestas de 45 a 70 kg de empuje (Figura 7b); las puntas de las flechas sólo penetran 2.5 cm de la piel de la ballena y retiene un fragmento de piel y/o grasa en su interior, seguido de la punta se encuentra un flotador de color brillante que funciona como tope y facilita la recuperación de la flecha en el agua.

No se consideraron a las crías, debido a que en los primeros meses de vida tienden a no levantar su aleta caudal al momento de sumergirse, además poseen patrones de pigmentación que cambian significativamente con el tiempo. Por ello obtener fotografías de buena calidad en las zonas de reproducción es muy difícil y no resultan útiles para la foto-identificación (Carlson et al., 1990; Naessig y Lanyon, 2004).



**Figura 7.** Equipo para colectar una biopsia: a) Flechas y b) Ballesta.



---

## Trabajo de escritorio

### ***Análisis fotográfico***

Todas las fotografías se manejaron y editaron en el programa ACDsee, el cual permite añadir metadatos EXIF (archivos de datos intercambiables) donde se introducen el tipo de grupo, el rol social del individuo en el grupo y en su caso el número de biopsia.

Se seleccionó la mejor fotografía de cada individuo por temporada y región de congregación. Las fotografías fueron impresas en papel mate en blanco y negro, a partir de las cuales se conformaron nueve catálogos, uno por región y por temporada. En cada catálogo las fotografías se ordenaron de acuerdo al patrón de pigmentación, yendo de blancas a negras; adicionalmente se le asignó un número diferente a cada individuo.

Todos los catálogos se compararon entre sí, primero por temporadas y luego entre regiones, con el objetivo de conformar un solo catálogo para el Pacífico Mexicano 2004-2006 en el que cada individuo estuviera representado una sola vez.

La información de cada avistamiento, organismos, fotografías y biopsias se capturó en una base de datos de Microsoft Access, diseñada para el proyecto.

Todas las fotografías elegidas para análisis fueron previamente evaluadas bajo un criterio uniforme de calidad, de acuerdo al propuesto por Calambokidis *et al.* (2001), considerando únicamente aquellas que presentaron buena calidad respecto a: proporción de la aleta caudal visible, ángulo de la caudal (que tan perpendicular al agua se encontraba), ángulo fotográfico, nitidez y grano, así como la luz, exposición y contraste. Las fotografías se revisaron en formato digital en el visor de imágenes de ACDsee.



## **Organización de fotografías**

Todas las fotografías de las aletas caudales de las ballenas jorobadas se acomodaron en grupos, bajo las siguientes consideraciones:

### *a) Presencia de cicatrices producidas por orcas*

De acuerdo a la metodología empleada por Steiger *et al.* (2008), se definió como cicatriz: a un conjunto de al menos tres líneas paralelas con estrecha proximidad, y se agruparon bajo cinco consideraciones (Figura 8):

1. Grave: Rastro de cicatrices con lesiones que afectan la integridad de la caudal (partes faltantes, muescas grandes).
2. Moderado: Cicatrices graves (3 ó más conjuntos de cicatrices).
3. Leve: 1 ó 2 conjuntos de rastros de marcas presentes.
4. Cicatrices que pudieron haber sido causadas por los dientes de una orca, pero no están bien definidas 3 líneas paralelas con estrecha proximidad.
5. Sin cicatrices visibles.

### *b) Patrón de pigmentación*

Se asignaron valores del 1 al 5 dependiendo de la proporción de blanco y negro presente (Figura 9), 1 para aquella caudal totalmente blanca y 5 para una totalmente negra, esto de acuerdo a lo propuesto por Glockner y Venus (1983) y Rosenbaum *et al.* (1995).



c) Sexo

El sexo de los individuos se identificó a partir de los análisis moleculares realizados por González-Peral (2011), de las muestras de piel colectadas en campo.

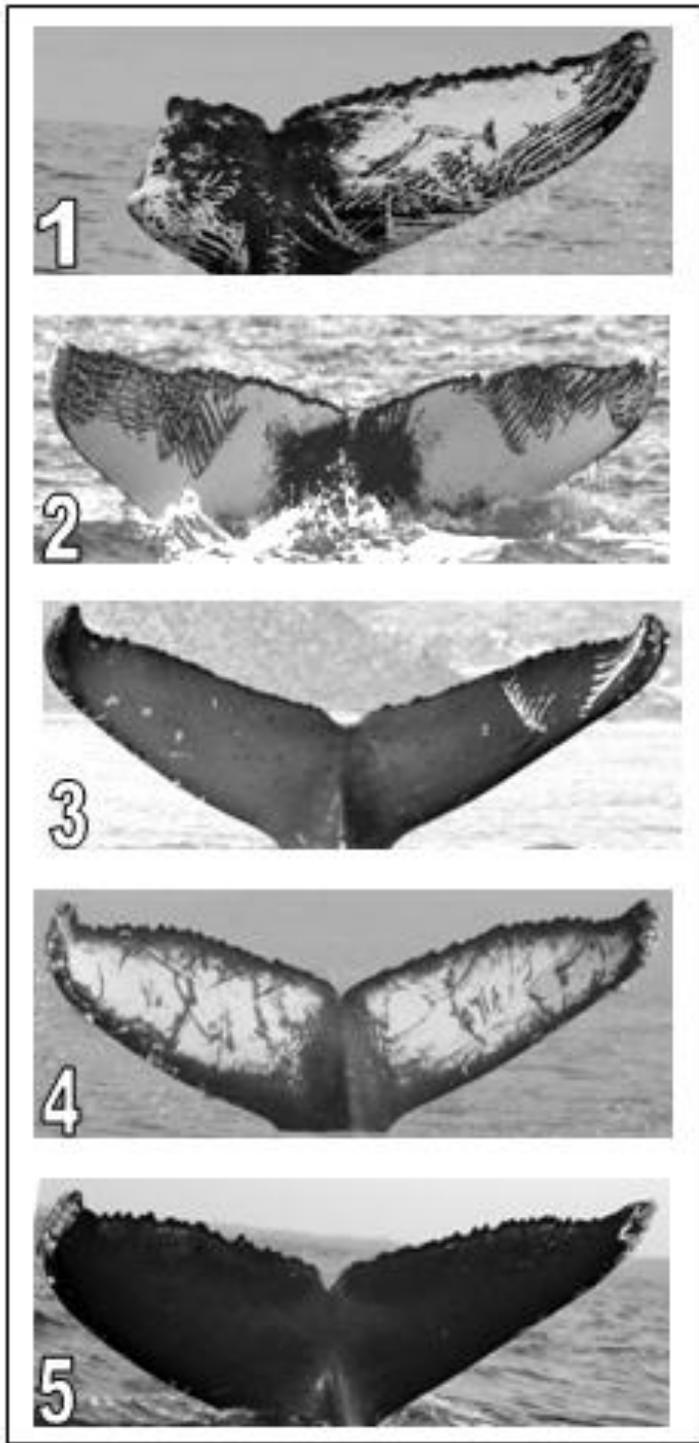
De aquellos individuos de los que no se obtuvo biopsia se identificó el sexo a partir de caracteres conductuales, realizando un análisis de las bitácoras de campo, utilizando dos criterios diferentes de acuerdo a Medrano *et al.* (1994):

- Identificadas como hembras por la presencia de crías.
- Identificadas como machos por presentar conducta de cantores.

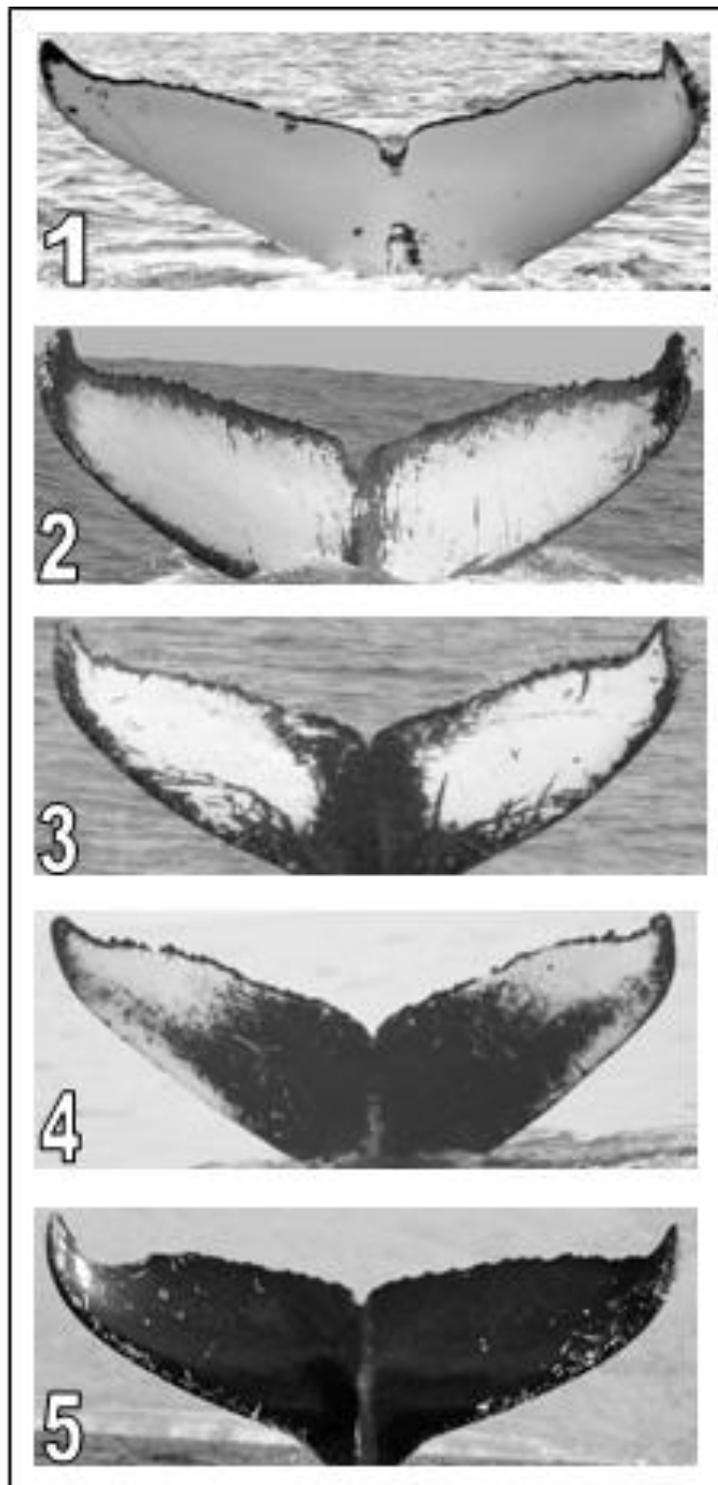
d) Zona de congregación

Dependiendo de la zona dónde se observaron y fotografiaron los individuos fue la región donde se agruparon, es decir: BC, CC ó AR. Para aquellos individuos que presentaron movimientos entre las regiones, se tomó en cuenta:

1. Si presentó movimientos entre AR y CC, el individuo se agrupó en ambas regiones (tomando en cuenta sólo la mejor fotografía entre los avistamientos).
2. Si las zonas entre las que se movió fueron AR y BC ó CC y BC, el individuo se colocó en AR y CC según fuera el caso.



**Figura 8.** Clasificación de acuerdo a la presencia de cicatrices producidas por orcas (1: Cicatrices con partes faltantes, 2: tres o más cicatrices, 3: una o dos cicatrices presentes, 4: marcas no definidas, 5: sin cicatrices).



**Figura 9.** Clasificación de acuerdo a la coloración de la parte ventral de la aleta caudal.



## **Análisis de datos**

Se determinaron las proporciones de individuos de acuerdo a: presencia de cicatrices producidas por orcas, patrón de pigmentación, sexo y congregación.

Para determinar la proporción de ballenas con evidencia de cicatrices, se conjuntaron las categorías que sin duda presentaron marcas provocadas por mordidas de orcas, es decir, las categorías 1, 2 y 3; estas tres categorías también fueron empleadas para evaluar el daño provocado a la caudal, bajo las consideraciones de: grave, moderado y leve, respectivamente.

Posteriormente, se analizó la relación de las proporciones por presencia de cicatrices producidas por orcas y por patrón de pigmentación, con las tres zonas de congregación y con el sexo. El daño provocado a las caudales también fue relacionado con el sexo.

Adicionalmente se relacionó la proporción de cicatrices por ataques de orcas con las dos unidades poblacionales encontradas en el Pacífico mexicano por González-Peral (2011), considerando:

1. *Unidad poblacional oceánica*: individuos agrupados en la congregación AR, dado que las ballenas de esta unidad poblacional presentan una mayor fidelidad a esa región.
2. *Unidad poblacional costera*: se incluyeron a los individuos agrupados en CC, puesto que son aquellas ballenas que se reproducen en la parte continental de México y Centro América.

La congregación de BC se excluyó de este análisis debido a que es una zona utilizada por las dos unidades poblacionales como área de tránsito en el regreso a sus áreas de alimentación (Urbán, 2001; Calambokidis *et al.*, 2001).

A través de pruebas de bondad de ajuste de  $X^2$  (Daniel, 2004) se compararon las proporciones de cicatrices por ataques de orcas entre zonas de congregación, entre unidades poblacionales y entre sexos; mientras que las



proporciones de los patrones de pigmentación encontrados entre zonas de congregación y sexos se compararon a través de pruebas de independencia de  $X^2$  (Daniel, 2004), con la misma prueba se buscaron diferencias significativas entre machos y hembras en el grado de daño provocado a la caudal.

Finalmente se relacionaron las proporciones encontradas por patrón de pigmentación y por evidencia de ataques de orcas para el Pacífico mexicano y se compararon mediante una  $X^2$ .



## RESULTADOS

Se revisó un total de 2,151 fotografías de aletas caudales de individuos diferentes de ballena jorobada de las tres regiones: Archipiélago de Revillagigedo (AR), Península de Baja California (BC) y Costa continental (CC), obtenidas durante las temporadas 2004-2006.

De las 2,151 fotografías, únicamente 1,728 individuos pasaron el análisis de calidad descrito en la metodología (Tabla I).

**Tabla I.** Número de fotografías de aletas caudales de individuos de ballenas jorobadas en los catálogos de este estudio (AR: Archipiélago de Revillagigedo; BC: Península de Baja California; CC: Costa continental)

REGION	AÑO /TEMPORADA			TOTAL*
	2004	2005	2006	
AR	279	223	243	617
BC	154	201	98	333
CC	157	334	461	793
<b>TOTAL*</b>	423	623	682	1728*

\*Para los totales no se consideraron las recapturas

### Sexo

A partir de los análisis moleculares realizados por González-Peral (2011) y de la revisión de caracteres conductuales de las ballenas, se pudo identificar el sexo de 542 individuos, que representan el 31.4% de la muestra total; de estos 356 fueron machos y 186 hembras, es decir, una proporción de 1.9:1 (Tabla II)



**Tabla II.** Número de individuos con identificación de sexo

Sexo	Tipo de análisis		Total
	Molecular	Carácter conductual	
Hembras	96	90	186
Machos	268	88	356
Total	364	178	542
Proporción (Macho:Hembra)	2.79 : 1	.97 : 1	1.9 : 1

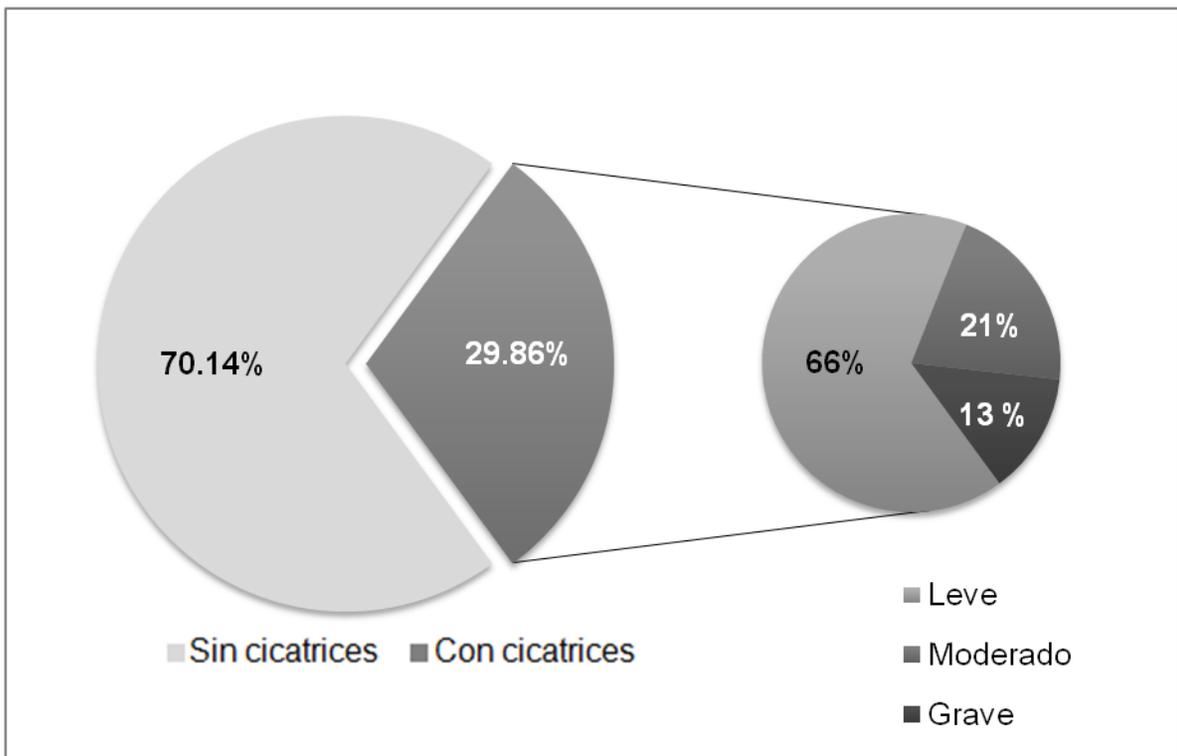
### Presencia de cicatrices por ataques de orcas

De los 1,728 individuos en el Pacífico mexicano se encontró que el 29.86% (IC 27% - 31%) de estos presentaron cicatrices por ataques de orcas en la aleta caudal, de los cuales el 13% presentó cicatrices graves, el 21% moderadas y el 66% leves (Tabla III, Figura 10).

**Tabla III.** Número de individuos de ballenas jorobadas según la clasificación de cicatrices producidas por orcas, en cada región del Pacífico mexicano, 2004-2006.

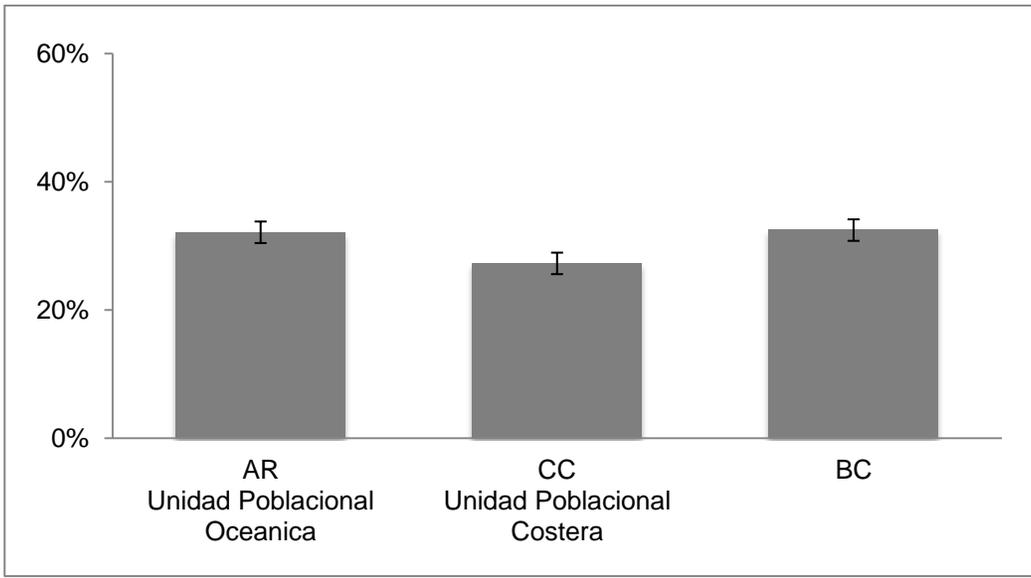
REGIÓN	CLASIFICACIÓN DE CICATRICES				
	1 Grave	2 Moderado	3 Leve	4 -	5 -
AR	26	45	127	150	269
BC	14	18	76	88	137
CC	29	45	142	183	394
TOTAL*	68	107	341	416	796

\*Para los totales no se consideraron recapturas.



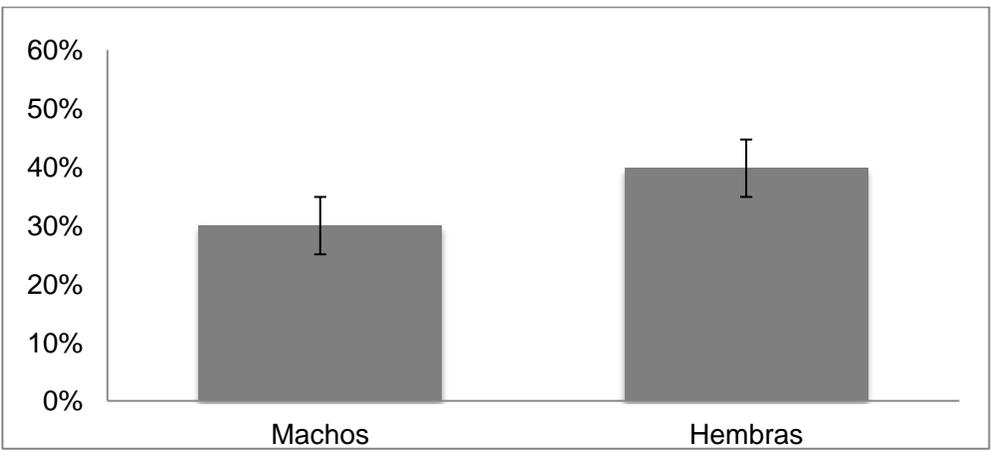
**Figura 10.** Proporción de ballenas con cicatrices en el Pacífico mexicano, 2004-2006, incluyendo el nivel de daño a la caudal.

Al analizar por regiones se encontró que BC fue la que presentó la mayor proporción de caudales con cicatrices (32.4%) y CC la menor proporción (27.2%) (Figura 11), encontrándose diferencia significativa entre las regiones ( $\chi^2 = 0.55$ , g.l. = 2,  $p < 0.05$ ). Cuando se consideró AR como unidad poblacional oceánica y CC como unidad poblacional costera, el análisis reveló que existe diferencia significativamente entre ellas ( $\chi^2 = 0.44$ , g.l. = 1,  $p < 0.05$ ).



**Figura 11.** Proporción de ballenas con cicatrices por zona de congregación, IC: AR 28% - 35%, CC 24% - 30%, BC 27%- 37% (AR: Archipiélago de Revillagigedo; BC: Península de Baja California; CC: Costa continental)

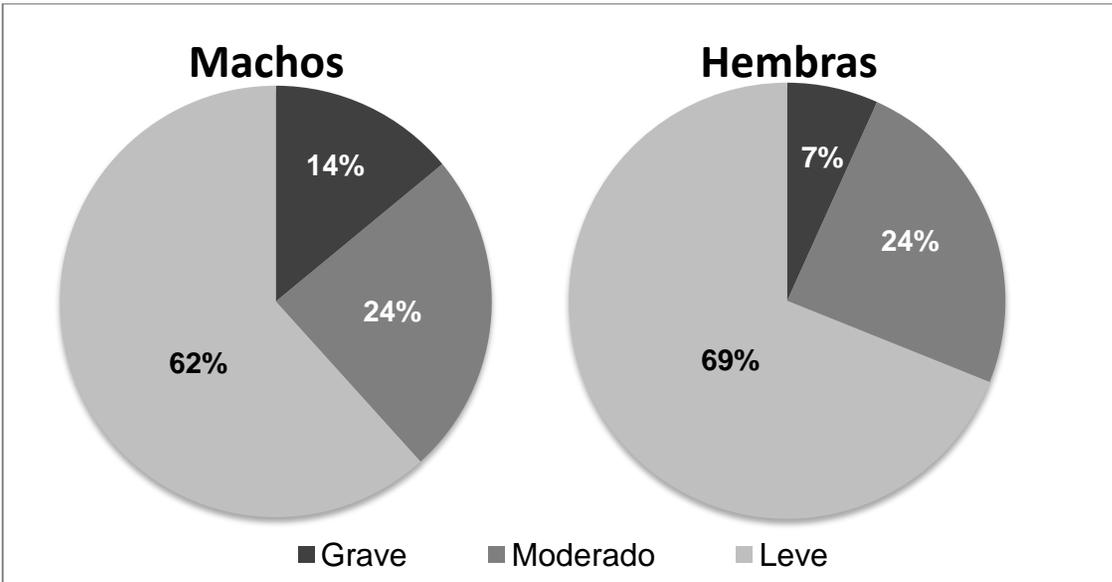
La proporción de cicatrices por sexos fue mayor en hembras que en machos, 39.8% y 30.0%, respectivamente (Figura 12), siendo significativamente diferentes ( $\chi^2=1.38$ , g.l.=1,  $p < 0.005$ ).



**Figura 12.** Proporción de ballenas con cicatrices por sexo (IC: Machos 25% - 34%, Hembras 32% - 46%).



Al evaluar el daño provocado a la caudal, se encontró que la mayor proporción tanto en hembras como en machos fue de cicatrices consideradas como leves, seguida de las consideradas como moderadas y en menor proporción las graves (Figura 13), estas proporciones no fueron significativamente diferentes entre los sexos ( $\chi^2=2.88$ , g.l.=2,  $p < 0.05$ ).

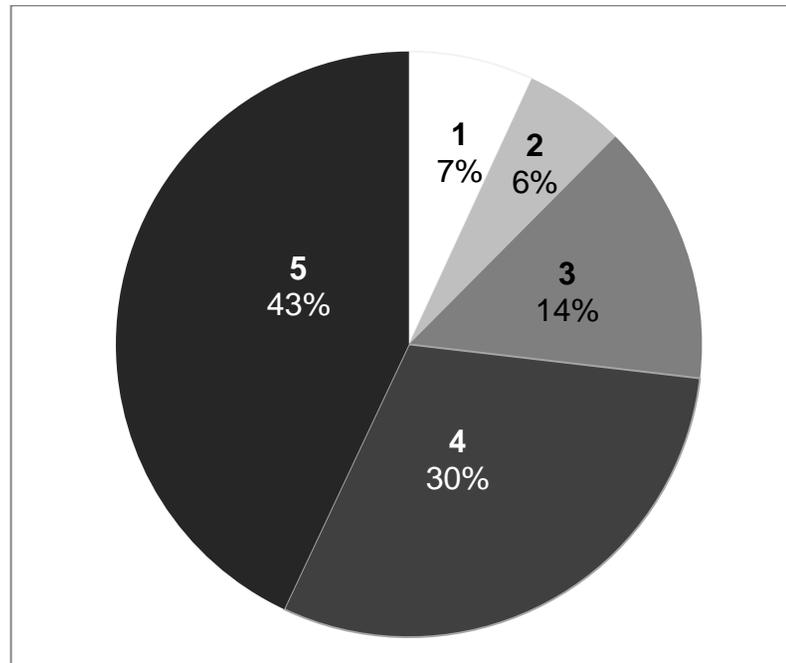


**Figura 13.** Severidad de las cicatrices causadas por orcas en cada sexo.



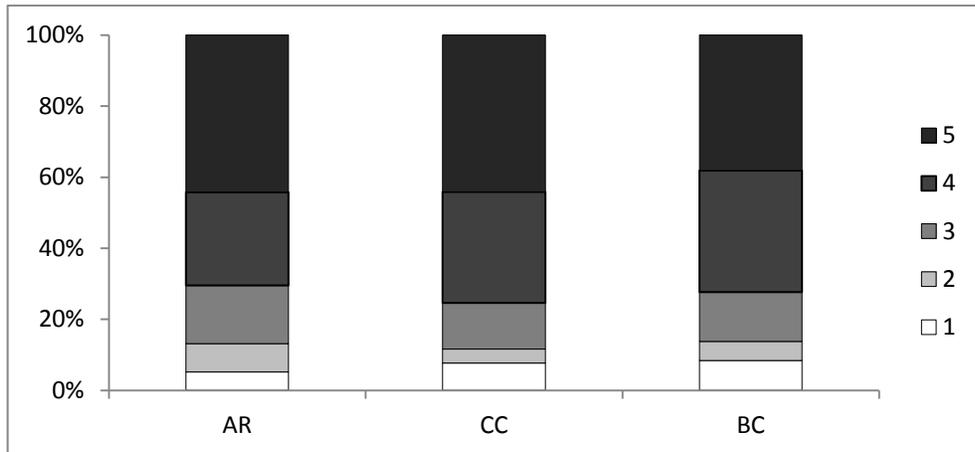
## Patrón de pigmentación

Al considerar el total de la muestra, se observó un gradiente ascendente en el patrón de pigmentación, de las aletas caudales más claras a las más oscuras, la categoría 2 (caudales blancas en un 75%) presentó la menor proporción (6%) muy aproximada de la categoría 1 (7%, caudales totalmente blancas) en contraste con la categoría 5 (caudales totalmente negras) que fue la de mayor proporción (43%; Figura 14).



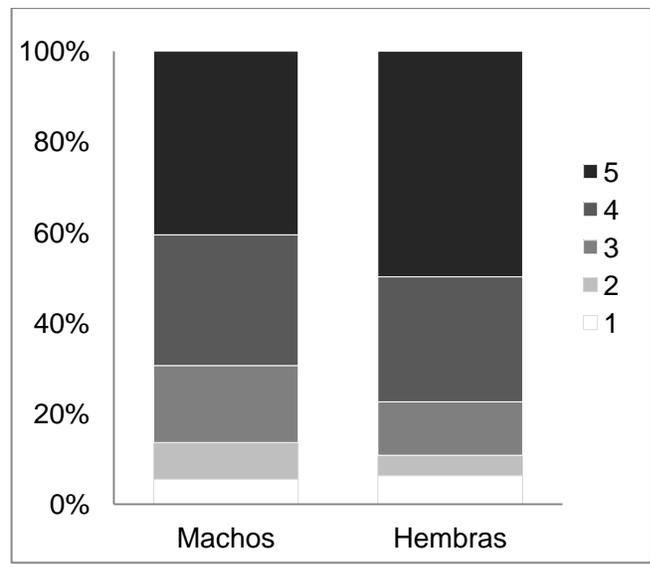
**Figura 14.** Proporción de los patrones de pigmentación de la aleta caudal de las ballenas jorobadas en el Pacífico Mexicano, 2004-2006.

En el análisis del patrón de pigmentación por región se mantuvo la misma tendencia de caudales predominantemente negras, en el caso de CC y BC la coloración con el menor porcentaje fue la tipo 2 mientras que en AR la de menor porcentaje fue la tipo 1. Las diferencias encontradas entre las regiones, no resultaron significativas ( $\chi^2 = 24.90$ , g.l. = 8,  $p < 0.001$ . Figura 15).



**Figura 15.** Proporción de los patrones de pigmentación de la aleta caudal de las ballenas jorobadas, por congregación del Pacífico mexicano, 2004-2006 (AR: Archipiélago de Revillagigedo; BC: Península de Baja California; CC: Costa continental).

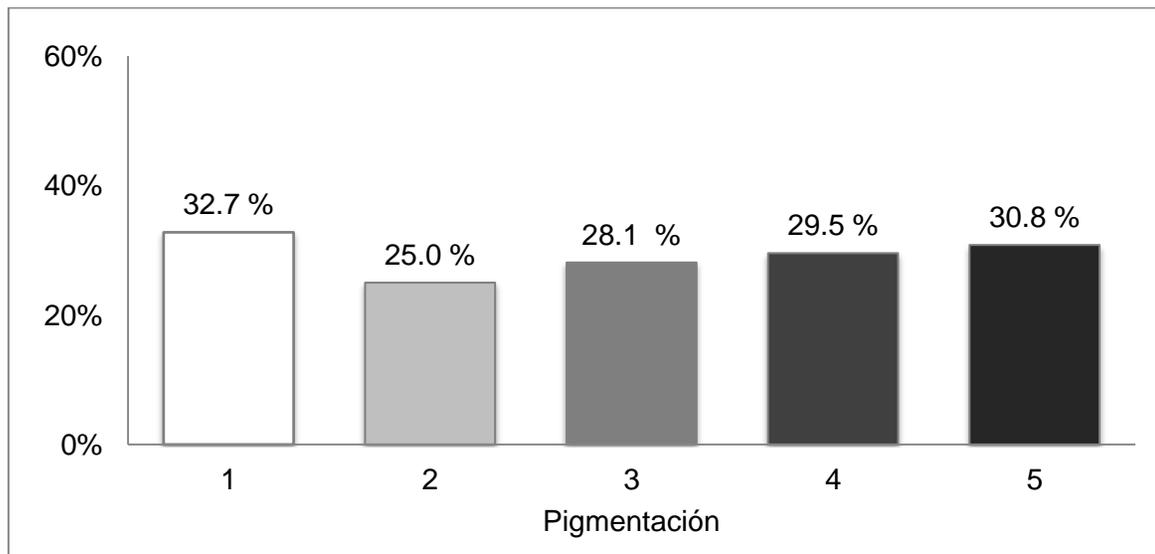
Al comparar la pigmentación entre sexos, se encontró en mayor proporción la categoría 5, seguida de la 4 y 3, en ambos sexos; en la categoría 2 la proporción fue mayor para machos que para hembras, lo contrario sucedió en la categoría 1 (Figura 16). No se observó una diferencia significativa entre sexos con respecto a la pigmentación ( $\chi^2=8.19$ , g.l. = 4,  $p<0.05$ ).



**Figura 16.** Proporción de patrones de pigmentación de la aleta caudal de las ballenas jorobadas por sexo.



Finalmente, al relacionar las caudales que presentaron cicatrices con el patrón de pigmentación, se encontró que la mayor proporción de ballenas atacadas por orcas fueron las de la categoría 1 y la más baja fue la categoría 2, sin embargo no existió una diferencia significativa entre las proporciones encontradas para cada tipo de pigmentación ( $\chi^2 = 1.17$ , g.l. = 4,  $p < 0.01$ . Figura 17)



**Figura 17.** Proporción de individuos con cicatrices por ataques de orca de acuerdo al patrón de pigmentación de la aleta caudal de las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano, 2004-2006.



---

## DISCUSIÓN

### Presencia de cicatrices por ataques de orcas

La presión de depredación a la que están sometidas las ballenas jorobadas puede cambiar de acuerdo a la latitud y la profundidad del agua en la que se encuentren. Estos factores en conjunto hacen que a lo largo de su ruta migratoria exista una presión diferencial (Naessig y Lanyon, 2004; Steiger *et al.*, 2008).

De acuerdo a los estudios realizados por Mehtá *et al.* (2007) y Steiger *et al.* (2008) en la población de ballenas jorobadas del Pacífico Norte, las que presentan la mayor proporción de individuos con cicatrices provocadas por ataques de orcas son las que se congregan en el Pacífico mexicano. Las evaluaciones hechas por Mehtá *et al.* (2007) indicaron que 40% (n=377, IC: 32-45%) de las ballenas jorobadas en esta zona presentan cicatrices; mientras que Steiger *et al.* (2008) encontraron que 26% (n=562, IC: 22-29%) de los individuos analizados tuvieron cicatrices.

La proporción encontrada en este trabajo fue del 30% (n= 1728, IC: 27-31%, Figura 9) estos resultados son similares a los encontrados por Steiger *et al.* (2008) lo que puede deberse a que el método utilizado es el mismo además en ambos casos las fotografías de las aletas caudales de ballenas jorobadas fueron obtenidas en las tres regiones con un muestreo homogéneo en las áreas, cosa contraria que sucedió en el trabajo de Mehtá *et al.* (2007), dado que consideraron un menor tamaño de muestra que provenían de diversas instituciones cuyos muestreos pudieron ser heterogéneos y con ello generar un sesgo. Ello convierte a este trabajo en la información más actual y en su caso la mejor aproximación hecha hasta el momento, considerando que este trabajo se evaluó cerca del 20%, de la población estimada para el Pacífico Mexicano.

Debido a que en las zonas alimentación en el Pacífico Norte las frecuencias de ataques de orcas son menores (entre 5% y 20%) a las encontradas en el Pacífico mexicano se considera que la mayoría de los ataques se llevan a



cabo en o cerca de las congregaciones invernales de México (Steiger *et al.*, 2008). Lo anterior puede estar relacionado con la presencia de crías recién nacidas o en sus primeros meses de vida, las cuales son más vulnerables a los ataques (Dolphin, 1987; Corkeron, y Connor 1999).

La gran proporción de ballenas jorobadas con cicatrices producidas por ataques de orcas encontradas en este trabajo, es contrastante con la baja densidad de orcas que existe en esta región (0.04 a 0.06 individuo/ 100 km<sup>2</sup>) en comparación con altas latitudes (Forney y Wade, 2006). De acuerdo a Baird (2002) en aguas tropicales y de baja densidad productiva las orcas tienen dietas más amplias que las de altas latitudes, esto se ha visto en el Golfo de California, pues de acuerdo a Guerrero-Ruíz *et al.* (2007) existen reportes de orcas alimentándose de un gran número de presas, entre los que se encuentra, peces, tortugas, pinnípedos y cetáceos. Aparentemente, al haber mayor número y variedad de presas en el Pacífico mexicano, las orcas son menos selectivas al elegir a sus presas, sin embargo, al ser más oportunistas, atacan a las ballenas jorobadas pues éstas se encuentran congregadas en gran número, utilizando el mismo hábitat que ellas, además son altamente vulnerables pues se encuentran con crías muy jóvenes.

### **Severidad de cicatrices**

Al evaluar la severidad de las cicatrices se encontró un mayor porcentaje de las clasificadas como lesiones leves (66%) seguidas de las lesiones moderadas (21%) y por último las lesiones graves (13% Figura 9), estos resultados son similares a los encontrados por Mehtá *et al.* (2007) (66.0%, 26.4% y 7.5%, respectivamente) quienes mencionan que el Pacífico mexicano es la región con mayor proporción de caudales con lesiones graves. De igual forma los resultados del presente análisis siguen la tendencia encontrada por Steiger *et al.* (2008), que reportan para el Pacífico Norte un 60% de caudales con lesiones leves, 20% para



lesiones consideradas moderadas y 20% para las graves; particularmente para México ellos encontraron 44%, 27% y 28% respectivamente.

Las evidencias de ataques de orcas en las aletas caudales corresponden a ataques no exitosos con la ballena en cuestión. Existen muy pocos registros de ataques letales, tal como lo menciona Dolphin (1987), la orca es un depredador ocasional de ballenas de gran tamaño y sólo en algunas ocasiones ocurre la muerte de la presa, aunado a esto Mehtá *et al.* (2007) menciona que dichos ataques son poco comunes, ó son fatales y no dejan evidencias ni rastro.

Es importante considerar que en algunas ocasiones, cuando las orcas se encuentran cazando a otros mamíferos marinos, los encuentros con las presas no son siempre de alimentación, sino que el objetivo es proporcionar oportunidades de aprendizaje a orcas jóvenes o únicamente evaluar al individuo como posible presa (Jefferson *et al.*, 1991; Reeves *et al.*, 2006), lo cual explica el alto porcentaje de caudales con cicatrices leves y moderadas encontrado en este análisis.

### ***Cicatrices por zonas de congregación***

Se sabe que la estructura de la población de ballenas jorobadas en el Pacífico Norte es compleja, dado que presentan una gran fidelidad a zonas de alimentación pero en las diferentes congregaciones reproductivas se encuentran ballenas de diferentes regiones de alimentación (Urbán *et al.*, 2000; Calambokidis *et al.*, 2001).

Cuando la muestra de fotografías de aletas caudales con cicatrices fue separada por zonas de congregación (BC 32.4%, AR 32%, CC 27%, Figura 10) se encontraron diferencias con lo reportado por Steiger *et al.* (2008), estos autores determinaron que la mayor proporción de individuos con cicatrices correspondió a la parte continental (CC 31%), seguida del Archipiélago de Revillagigedo (AR 26%) y por último el sur de la Península de Baja California (BC 23%) sin embargo ellos no encontraron diferencia significativa entre las zonas y en el presente



estudio si, siendo BC la zona con mayor cantidad de ballenas con cicatrices. Las diferencias encontradas pueden deberse tanto al tamaño de muestra utilizado en cada estudio como al periodo y esfuerzo del muestreo, debido a que la Península de Baja California es considerada como una zona de tránsito para las dos unidades poblacionales, en la que en alguna parte de la temporada pueden predominar ballenas de una región más que de la otra.

Al realizar la comparación entre la unidad poblacional costera y la oceánica, se encontró diferencia significativa, siendo la unidad poblacional oceánica la que presenta mayor presión de depredación (32%, Figura 10). Estos resultados, al igual que los encontrados por Espinosa-Paredes (2006) sugieren que los ataques de orca ocurren en lugares alejados de las costas. Considerando que las ballenas de la unidad poblacional oceánica realizan una migración más larga respecto a la otra unidad (debido a una mayor lejanía de sus zonas de alimentación) es posible que se encuentren mayor tiempo expuestas a depredación durante su trayecto. Aunado a esto, si el Pacífico mexicano es el lugar con mayor porcentaje de cicatrices, sería de esperar en esta zona existieran varios o muchos avistamientos de orcas atacando o acosando a jorobadas, sin embargo los reportes de estas situaciones son escasos, lo cual apoya la idea de que los ataques no están ocurriendo cerca de la costa, sino en aguas oceánicas.

### ***Cicatrices por sexo***

La población del Pacífico Norte presenta una proporción de sexos de 1:1 en sus zonas de alimentación, sin embargo en las congregaciones invernales la proporción cambia a 3:1 (machos: hembras) debido a un menor tiempo de residencia de las hembras y al presentar mayor movimiento de los machos entre las congregaciones (Calambokidis *et al.*, 1996; Urbán *et al.*, 2000), por tanto al determinar el sexo de los individuos (análisis moleculares y de caracteres conductuales) se obtuvo una mayor proporción de machos que de hembras. En el caso del análisis molecular la proporción encontrada (2.79:1) se aproxima más a la realidad en las áreas de reproducción, debido a que se toman de



manera aleatoria a los individuos encontrados, sin embargo el análisis de carácter conductual está sesgado sólo hacia las madres con crías y los cantores, por lo que la proporción es casi de 1:1 (Tabla II).

Cuando se relacionaron las caudales con cicatrices por ataques de orcas con los individuos a los que se les pudo determinar el sexo, se encontró que las hembras son quienes presentan una mayor proporción de cicatrices respecto a su total (39.8%, Figura 11). Este resultado puede estar asociado a dos factores principales: 1) la estrecha relación con la cría, y 2) el tiempo de residencia en áreas de reproducción.

- 1) La relación que mantienen las hembras con sus crías dura alrededor de 7-8 meses, tiempo en el cual las crías son más vulnerables a la depredación, pues de acuerdo con Clapham (2001), es en la primera migración de las ballenas dónde ocurren la mayoría de los ataques de las orcas; por tanto durante este tiempo las madres también son más vulnerables a ser acosadas e incluso atacadas al intentar defender a sus crías de la depredación. Este comportamiento defensivo se ha visto también cuando las orcas atacan a pequeños cetáceos en el Golfo de California, por tanto es posible inferir que realizan lo mismo cuando defienden a sus crías.
- 2) El tiempo de residencia de las ballenas jorobadas en áreas de reproducción está relacionado al grupo de edad y sexo al que pertenecen. Las hembras con cría permanecen más tiempo en las congregaciones que las hembras sin cría (Ladrón de Guevara, 2001; González-Peral, 2011), ya que estas últimas solo migran para aparearse, y algunas veces lo hacen en el camino, por lo que se regresan a las zonas de alimentación incluso antes de llegar a las zonas de reproducción. Por su parte los machos permanecen gran parte de la temporada en las zonas reproductivas pero a diferencia de las madres con crías realizan movimientos entre las tres zonas por lo que su presión de depredación puede estar disminuyendo debido al movimiento.



Un aspecto que sería importante para analizar en el futuro es determinar el momento de adquisición de cicatrices, es decir, si las cicatrices en las aletas caudales las adquirieron cuando eran crías o como adulto; ya que en el Pacífico mexicano se ha observado a ballenas que adquirieron las cicatrices posteriores a su primer avistamiento (Mehtá *et al.*, 2007), además de la observación de conductas defensivas cuando ocurren ataques de orcas a otros cetáceos.

### **Patrón de pigmentación**

La pigmentación de las ballenas jorobadas varía regionalmente, encontrándose ballenas más oscuras en el Hemisferio Norte y más claras en el Hemisferio Sur (Pike, 1953; Allen *et al.*, 1994).

Los resultados del análisis por patrón de pigmentación muestran una clara tendencia que corresponde a lo reportado por Rosenbaum *et al.* (1996) para la población del Pacífico Norte, en el que la mayoría de las caudales presentan coloración tipo 5 (totalmente negra) y 4, junto con una distribución clinal de la pigmentación.

Al comparar el patrón de pigmentación entre las tres zonas de congregación (Figura 15), no se encontraron diferencias significativas, lo cual se debe a que en el Pacífico Norte las ballenas de las distintas áreas de alimentación se entremezclan en las áreas de reproducción, así en el Pacífico mexicano, las ballenas de cada una de las tres congregaciones proviene de diferentes áreas de alimentación (Baker *et al.*, 1986; Rosenbaum *et al.*, 1996; González-Peral 2011).

Al realizar la comparación entre machos y hembras de las ballenas jorobadas (Figura 16), no se encontró diferencia significativa en cuanto al patrón de pigmentación de la caudal; este resultado es contrario a lo mencionado por Allen *et al.* (1994) quienes encontraron que las hembras son más oscuras que los machos, relacionándolo a un uso diferente de hábitat entre sexos, es decir que el grado de pigmentación puede estar relacionado con condiciones ambientales en



las áreas de reproducción, como el fotoperiodo o la cantidad de luz en la columna de agua; debido a que las hembras cuando tienen cría pasan la mayor parte de tiempo en aguas poco profundas y cerca de la costa, mientras que los machos presentan un mayor movimiento para poder aumentar su éxito reproductivo.

El resultado arrojado por este trabajo apoya la idea de que la pigmentación de la caudal está determinada por un carácter genético heredado (Baker *et al.*, 1986) y no por el ambiente, por tanto la variación de la pigmentación de la aleta caudal no está relacionada al sexo.

### **Incidencia de cicatrices en función del patrón de pigmentación**

La parte ventral de las aletas caudales, junto con otras partes del cuerpo, pueden estar adaptados a la captura de presas o comunicación visual con conespecíficos en la obscuridad, en aguas de altas latitudes o durante la migración (Brodie, 1977 en: Allen *et al.*, 1994; Madsen y Herman, 1980 en Allen *et al.*, 1994).

De acuerdo a **Steiger *et al.* (2008)** se ha considerado que las ballenas que presentaban coloraciones más blancas eran las más vulnerables a ser atacadas debido a que son más visibles. Sin embargo en la comparación realizada entre las cicatrices provocadas por orcas y la pigmentación de la aleta caudal (Figura 17) no se encontró diferencia significativa. Por tanto la pigmentación de la aleta caudal no determina que tan vulnerables sean las ballenas jorobadas a ser acosadas y/o atacadas por las orcas, es decir, que las orcas no seleccionan a sus presas basándose en esta característica sino que existen otros factores como el grupo de edad y el estado de salud, los cuales pueden exigir un menor costo energético (Naessig y Lanyon, 2004).



---

## CONCLUSIONES

- En el Pacífico mexicano se presenta la frecuencia más alta de cicatrices producidas por ataques de orcas de todo el mundo.
- Los ataques de orca ocurren en, o cerca de las zonas de reproducción de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano.
- La baja proporción de aletas caudales con lesiones graves reflejan que la mayor parte de los ataques no son exitosos, mientras que la alta proporción de caudales con lesiones leves muestra que las orcas, más que buscar alimentarse de las ballenas, evalúan al animal como presa potencial y que en algunos casos el objetivo del ataque son sesiones de entrenamiento para orcas jóvenes.
- La unidad poblacional oceánica es la que presenta mayor presión de depredación.
- Las hembras presentan una mayor proporción de cicatrices por ataques de orcas que los machos.
- La pigmentación de la aleta caudal predominante en el Pacífico mexicano es la tipo 5 y la variación de la pigmentación no está relacionada al sexo.
- La pigmentación de la parte ventral de la aleta caudal no determina que tan vulnerables sean las ballenas jorobadas a ser atacadas por las orcas.



---

## LITERATURA CITADA

- Allen J., H.C. Rosenbaum, S.K. Katona, P.J. Clapham, y D. Mattila. 1994. Regional and sexual differences in fluke pigmentation of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from the North Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Zoology*. 72: 274–279p.
- Badán A. 1997. La Corriente de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. Pp. 99-112. En: Lavín M.F. (ed.). Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana.
- Baird R.W. 2002. Killer whales of the world. Voyageur Press. EUA. 132pp.
- Baker C.S., L.M. Herman, A. Perry, W.S. Lawton, J.M. Straley, A.A. Wolman, G. D., Kaufman, H.E. Winn, J.D. Hall, J.M. Reinke y J. Ostman. 1986. Migratory movement and population structure of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central and eastern North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*. 31: 179–184p.
- Barlow J., J. Calambokidis, E.A. Falcone, C.S. Baker, A.M. Burdin, P.J. Clapham, J.K.B. Ford, C.M. Gabriele, R. LeDuc, D.K. Mattila, T.J. Quinn, L. Rojas-Bracho, J.M. Straley, B.L. Taylor, J. Urbán, P. Wade, D. Weller, B.H. Witteveen y M. Yamaguchi. 2011. Humpback whale abundance in the North Pacific estimated by photographic capture-recapture with bias correction from simulation studies. *Marine Mammal Science*. 27(4): 793-818p.
- Calambokidis, J., G.H. Steiger, J.R. Evenson, K.R. Flynn, K.C. Balcomb, D.E. Claridge, P. Bloedel, J.M. Straley, J.D. Darling, C.S. Baker, O. Von Ziegesar, M.E. Dahlheim, J.M. Waite, G. Ellis, G.A. Green, 1996. Interchange and isolation of humpback whales off California and other north Pacific feeding grounds. *Marine Mammal Science*. 12: 215-226p.



- Calambokidis J., G.H. Steiger, J.M. Straley, L.M. Herman, S. Cerchio, D.R. Salden, J. Urbán, J.K. Jacobsen, O. Von Ziegesar, K.C. Balcomb, C.M. Gabriele, M.E. Dahlheim, S. Uchida, G. Ellis, Y. Miyamura, P. Ladron de Guevara, M. Yamaguchi, F. Sato, S.A. Mizroch, L. Schlender, K. Rasmussen, J. Barlow y T.J. Quinn II. 2001. Movements and Population Structure of Humpback Whales in the North Pacific. *Marine Mammal Science*. 17(4): 769-794p.
- Carriquiry J.D. y H. Reyes-Bonilla. 1997. Community Structure and Geographic Distribution of the Coral Reefs of Nayarit, Mexican Pacific. *Ciencias Marinas*. 23: 227-248p.
- Carlson C.A. y C.A. Mayo. 1990. Changes in the Ventral Fluke Pattern of the Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*), and its Effect on Matching; Evaluation of its Significance to Photo-Identification Research. *Report International Whaling Commission*. 105–111p.
- Castellanos-Vera A. y G. Arnaud. 1995. Introducción. Pp. 13-22. En: Ortega-Rubio A., A. Castellanos-Vera, y G. Arnaud-Franco (eds). Estrategias para el manejo de la reserva de la biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigación Biológica del Noroeste. México. 115p.
- CITES. 2012. Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora: Appendices I, II and III. Disponible en: <http://www.cites.org/eng/app/2012/E-20120403.pdf> (Fecha de consulta: 6-Septiembre-2012)
- Clapham P.J. 2001. Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science*. 17(2): 432–436p.
- Clapham P.J. y J.G. Mead. 1999. *Megaptera novaeangliae*. *Mammalian Species*. 604:1-9p.



- Corkeron P.J. y R.C. Connor. 1999. Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science*. 15(4): 1228-1245p.
- Daniel, W. 2004. Bioestadística. Limusa-Noriega Editores. México. 915pp.
- De la Lanza-Espino, G. 2001. *Características físicas y químicas de los mares de México*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 149 pp.
- Dolphin W.F. 1987. Observations of Humpback Whale, *Megaptera novaeangliae*-Kiler Whale, *Orcinus orca*, Interactions in Alaska: Comparison with Terrestrial Predator-prey Relationships. *Canadian Field –Naturalist*. 101(1): 70-75p.
- Espinosa-Paredes A. 2006. Incidencia de cicatrices por ataques de orcas (*Orcinus orca*) a ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en la Península de Baja California y el Archipiélago de Revillagigedo 2004-2005. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 53p.
- Falck M.E. 2000. La región del Pacífico Mexicano en la Cuenca del Pacífico. México y la cuenca del pacífico. 3 (11): 71-74pp. Disponible en: <http://www.publicaciones.cucsh.udg.mx/ppperiod/pacifico/Revista11/13Melba.pdf> (Fecha de consulta: 20-05-10)
- Fleming y Jackson, 2011. Global review of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). NOAA Technical Memorandum NMFS. E.U.A. 206p.
- Flórez-González L., J.J. Capella y H.C. Rosenbaum. 1994. Attack of killer whales (*Orcinus orca*) on Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) on a South American Pacific Breeding Ground. *Marine Mammals Science*. 10(2): 218-221p.
- Ford, J.K.B. 2009. Killer whale – *Orcinus orca*. Pp. 650-657. En: W.F. Perrin, B. Würsig, J.G.M. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2a. ed. Academic Press, San Diego.



- Forney K.A. y P.R. Wade. 2006. Worldwide distribution and abundance of killer whales. Pp.145–162 *En*: J.A. Estes, R.L. Brownell, D.P. DeMaster, D.F. Doak y T.M. Williams (eds.). *Whales, Whaling and Ocean Ecosystems*. University of California Press. E.U.A. 418p.
- Gambell R. 1976. World whale stocks. *Marine Review*. 6: 41-53p.
- Glockner D.A y S.C. Venus. 1983. Identification, growth rate and behavior of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) cows and calves in the waters of Msui, 1977-79. Pp. 223-258. *En*: Payne R. (ed.). *Communication and behavior of whales*. Selected Symposia Series: 76, Westview Press, Boulder, Colorado.
- González-Peral U.A. 2006. *Identidad poblacional de las ballenas jorobadas (Megaptera novaeangliae) que se congregan en Baja California Sur*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 58p.
- González-Peral U.A. 2011. *Definición y Características de las Unidades Poblacionales de las Ballenas Jorobadas que se Congregan en el Pacífico Mexicano*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 92p.
- Guerrero-Ruíz M., J. Urbán-Ramírez y L. Rojas-Bracho. 2006 *Las ballenas del Golfo de California*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México. 524p.
- Guerrero-Ruíz M., J. Urbán-R, D. Gendron y M.E. Rodríguez. 2007. Prey items of killer whales in the Mexican Pacific. *Report International Whaling Commission*. SC/59/SM14 6p.
- Guerrero-Ruíz M. 2013. *Identidad poblacional y estructura social de la orca Orcinus orca (Linnaeus 1758) en el Pacífico mexicano*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 214p.



- Herman L.M. y R.C Antinoya. 1977. Humpback whales in the Hawaiian breeding waters: population and pod characteristics. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*. (29): 59–85p.
- INEGI. 2011. Anuario Estadístico de estadísticas por entidad federativa 2011. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- International Whaling Commission. 1966. Sixteenth Report of the Commission. Londres. 71 pp.
- International Whaling Commission. 1990. Report on the workshop on Individual recognition and estimation of cetaceans population parameters. *Report International Whaling Commission*. Special Issue 12: 3-40p.
- IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. Disponible en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Fecha de consulta: 06 Septiembre 2012).
- Jaramillo-Legorreta. 1995. Relación entre las agregaciones invernales del rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano, en base a la fotoidentificación y morfología caudal. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 51p.
- Jefferson T.A., P.J. Stacey y R.W. Baird. 1991. A review of Killer Whale interactions with other marine mammals: predation to co-existence. *Mammal Review*. 21(4): 151-180p.
- Johnson J.H. y A.A. Wolman. 1984. The Humpback Whale, *Megaptera novaeangliae*. *Marine Fisheries Review*, 46(4): 30-37p.
- Katona S.K. y H. Whitehead. 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. *Polar Record*. 20(128): 439–444p.
- Katona S.K., J.A. P.M. Harcourt, J.S. Perkins y S.D. Kraus (eds.). 1980. Humpback whales: A catalogue of individuals identified in the western North Atlantic Ocean by means of fluke photographs. College of the Atlantic, Bar Harbor Maine.



- Ladrón de Guevara 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, Universidad Nacional Autónoma de México. 140 pp.
- Lara-Lara J.R., V. Arenas-Fuentes, C. Bazán-Guzmán, V. Díaz-Castañeda, E. Escobar-Briones, M.C. García-Abad, G. Gaxiola-Castro, G. Robles-Jarero, R. Sosa-Ávalos, L.A. Soto-González, M. Tapia-García y J.E. Valdez-Holguín. 2008. Los ecosistemas marinos. Pp. 135-159. En: Capital natural de México Vol 1: Conocimiento de la biodiversidad. CONABIO. México.
- Leatherwood J.S. y R.R. Reeves. 1983. The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins. Sierra Club Books. EUA. 302 p.
- Lillie D.G. 1915. Cetacea. *Nat.Hist. Br. Antarct.* Terra Nova Exped. 1910. 1(3): 85-124p.
- Lluch-Cota D.B., S.E. Lluch-Cota y J.J. Bautista-Romero. 1995. Ambiente Marino. Pp. 71-73. En: Ortega-Rubio A., A. Castellanos-Vera, y G. Arnaud-Franco (eds). Estrategias para el manejo de la reserva de la biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigación Biológica del Noroeste. México. 115p.
- Matthews L.H. 1937. The humpback whale, *Megaptera nodosa*. *Discovery Rep.* 17: 7-92p.
- Martínez-Aguilar, S. 2011. Abundancia y Tasa de incremento de la Ballena Jorobada *Megaptera novaeangliae* en el Pacífico Mexicano. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 92p.
- Medrano L., M. Salinas, I. Salas, P. Ladrón de Guevara, A. Aguayo, J. Jacobsen y C.S. Baker. 1994. Sex identification of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, on the wintering grounds of the Mexican Pacific Ocean. *Canadian. Journal of Zoology.* 72: 1771-1774p.



- Mehta A.V. 2004 How important are baleen whales as prey for killer whales (*Orcinus orca*) in high latitudes? Master thesis. Boston University, MA. 48pp.
- Mehta A.V., J.M. Allen, C. Rochelle, C. Garrigue, B. Jann, C. Jenner, M.K. Marx, C.O. Matkin, D.K. Mattila, G. Minton, S.A. Mizroch, C. Olavarría, J. Robbins, K.G. Russell, R.E. Seton, G.H. Steiger, G.A. Víkingsson, P.R. Wade, B.H. Witteveen, P.J. Clapham. 2007. Baleen whales are not important as prey for killer whales *Orcinus orca* in high-latitude regions. *Marine Ecology Progress Series*, 348, 297-307P.
- Moncada-Cooley R. 2005. Cambio Espacio Temporal de la Estructura Comunitaria de los Cetáceos de Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México 1994-1996. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 50p.
- Naessig P.J. y J.M. Lanyon. 2004. Levels and probable origin of predatory scarring on humpback (*Megaptera novaeangliae*) in east Australian waters. *Wild Research*. 31: 163-170p.
- Niño-Torres C.A., J. Urbán-Ramírez y O. Vidal. 2011. Mamíferos marinos del Golfo de California: Guía ilustrada. Publicación especial No. 2. Alianza WWF México-Telcel. 192pp.
- Omura H. 1953. Biological study on the humpback whales in the Antarctic whaling areas IV and V. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*. 8: 81-102p.
- Paterson R.A. y P. Paterson. 2001. A presumed killer whale (*Orcinus orca*) attack on humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) at point lookout, Queensland. *Memoirs of the Queensland Museum*. 47(2): 436p.
- Pike G.C. 1953. Colour pattern of the humpback whales from the coast of British Columbia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 171: 1-54p.
- Reeves R.R., B. S. Stewart, P.J. Clapham y J.A. Powell. 2009 Guide to Marine Mammals of the World. National Audubon Society. E.U.A. 527pp.



- Reeves R.R., J. Berger y P.J. Clapham. 2006. Killer Whales as predators of large baleen whales and sperm whales. Pp. 174-187 *En*: J.A. Estes, R.L. Brownell, D.P. DeMaster, D.F. Doak y T.M. Williams (eds.). *Whales, Whaling and Ocean Ecosystems*. University of California Press. E.U.A. 418p
- Rice D.W. 1977. The humpback whale in the North Pacific: distribution, exploitation and numbers. *Workshop on Humpback Whales in Hawaii*. 29p.
- Rice D.W. y A.A. Wolman. 1971. The life history and ecology of the gray whale (*Eschrichtius robustus*). *American Society of Mammalogists. Special Publication*. No. 3. Lawrence, KS. 142p.
- Rosenbaum H.C., P.J. Clapham, J. Allen, M. Nicole-Jenner, C. Jenner, L. Flórez-González, J. Urbán, P. Ladrón de Guevara, K. Mori, M. Yamaguchi y C.S. Baker. 1995. Geographic variation in ventral fluke pigmentation of humpback whale *Megaptera novaeangliae* population worldwide. *Marine Ecology Progress Series*. 124: 1-7p.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Disponible en: [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf) (Fecha de consulta: 6-Septiembre-2012)
- Steiger G., J. Calambokidis, J. Straley, L. Herman, S. Cerchio, D. Salden, J. Urbán, J.K. Jacobsen, O. von Ziegesar, K.C. Balcomb, C.M. Gabriele, M.E. Dahlheim, S. Uchida, J.K.B. Ford, P. Ladrón de Guevara, M. Yamaguchi y J. Barlow. 2008. Geographic variation in killer whale attacks on humpback whales in the North Pacific: implications for predation pressure. *Endangered Species Research*. 4: 247–256p.



- Urbán R., J. 2001. Estructura poblacional, abundancia y destinos migratorios de las ballenas jorobadas que invernán en el Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 84 pp.
- Urbán R., J. 2010. Marine Mammals of the Gulf of California: An Overview of Diversity and Conservation Status. Pp. 188-209. En: R.C. Brusca (ed.). The Gulf of California, Biodiversity and Conservation. Arizona-Sonora Desert Museum Studies in Natural History. 354 pp.
- Urbán R., J. y A. Aguayo. 1987. Spatial and Seasonal Distribution of the Humpback Whale, *Megaptera Novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Marine Mammal Science*. 3(4): 333-344p.
- Urbán R., J., A. Jaramillo, A. Aguayo, P. Ladrón de Guevara, M. Salinas, C. Alvarez, L. Medrano, J.K. Jacobsen, K.C. Balcomb III, D.E. Claridge, J. Calambokidis, G.H. Steiger, J. Straley, O. vonZiegesar, J.M. Wite, S. Miszroch, M.E. Dahlheim, J.D. Darling y C.S. Baker. 2000. Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. *Journal of Cetacean Research and Management* 2(2): 101-110
- Urbán R., J., C. Alvarez., M. Salinas, J. Jacobsen, K.C. Balcomb III, A. Jaramillo, P. Ladrón de Guevara y A. Aguayo. 1999. Population size of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of Mexico. *Fishery Bulletin*. 97(4):1017-1024.
- Urbán R., J., M. Guerrero-Ruíz, D. Gendron, G. Cárdenas, L. Rojas. 2007. Current knowledge of killer whales in the Gulf of California. *Report International Whaling Commission*. SC/59/SM15. 3p.
- Wells R.S. 2002. Identification Methods. Pp. 601-608. En: W.F. Perrin, B. Würsig, J.G.M. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego.



---

Whitehead H. y C. Glass. 1985. Orcas (Killer Whales) attack humpback whales.  
*Journal of mammalogy*. 66(1): 183-185p.

Winn H.E. y N.E. Reichley. 1985. Humpback whale, *Megaptera novaeangliae*  
(Borowski, 1781). Pp. 241-273. En: H. Ridgway y R. Harrison (eds.).  
Handbook of Marine Mammals. Vol. 3. The Sirenians and Baleen Whales.  
Academic Press, Londres.

Würsing B. y T.A. Jefferson 1990. Methods of Photo-Identification for Small  
Cetacean. Rep. Int. Whal. Commn. Special Issue 12: 43-52p