



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**UN MODELO DE ABUNDANCIA ABSOLUTA DE LA BALLENA JOROBADA,
MEGAPTERA NOVAEANGLIAE, EN AGUAS ADYACENTES
A LAS ISLAS DEL ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

SERGIO MARTÍNEZ AGUILAR



Director: Dr. Luis Medrano González

México, DF.

2008.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a todas y cada una de las personas que de alguna manera intervinieron no sólo en este trabajo, sino en mi formación durante tantos años.

A mi mamá, que me ha apoyado durante toda mi vida, que se las ha ingeniado para mantener a 9 hijos, que me ha dado todo para que yo pueda andar de “vago” en medio del mar o de la selva, que me ha permitido hacer de mi casa, el zoológico y museo de historia natural de mi colonia, que me tolerado y comprendido tantas y tantas horas de estar viendo fotos de bichos y por tantas y tantas cosa que sería difícil enumerar.

A mi Papá que me permitió elegir la carrera que a mi me gustara, que trabajó todo el tiempo para que yo pudiera tener una carrera universitaria, que me ayudo a juntar fierro viejo, para que yo lo vendiera y pudiera pagar mis prácticas de campo y también por tantas y tantas cosas que me ha dado.

A mis hermanos Rocío, Gustavo, Eugenia, Javier, David, Erick, Cecilia y Marco por apoyarme y motivarme a seguir adelante.

A mis grandes amigos de la carrera: Katia Olea, Alinka Olea, Axayacatl Brambila, Gabriela Vera, Nadia Ramírez, Denise Arroyo, Eva Sabido y Ma. Carmen Miñana, que más que amigos son como mi segunda familia.

A Luis Medráno González por ser mi tutor, por invitarme a ser parte del Grupo de Mastozoología Marina de la UNAM y por enseñarme tantas cosas de los mamíferos marinos y de la investigación científica.

A Justino Nieblas González, a Margarita y a toda la familia Nieblas Olvera, quienes me iniciaron en el trabajo de campo con los mamíferos marinos, que me enseñaron algo más sobre el mar y quienes me brindaron su hogar y su amistad.

A todos mis brothers del G.M.M de la UNAM; Talina Ruíz por todos los buenos momentos vividos en el campo tanto en la Bahía de Banderas, como en la Isla Socorro, a Elia Salazar que en el 2002 cambió mi frustración de no ir a la Isla Socorro por las dos semanas más increíbles que he tenido y por motivarme a concluir este trabajo, a Sandra Smith por todas las noches que se quedo ñoñeando para completar nuestras interminables bases de datos, por su alegría y por el apoyo en el trabajo de campo, a Ricardo A. Juárez por todos sus consejos y por compartir conmigo sus bases de datos de la Bahía de Banderas, a Sandra Pompa por su apoyo en el trabajo de campo y por motivarme a presentar mis tesis en Sudáfrica, a Lorena Vilorio por apoyarme en la redacción de mi tesis y por su eterna amistad, a María José Villanueva por su amistad y por recordarme lo afortunados que somos al trabajar con estos bichos, a Miriam Núñez por la inyección de alegría que le ha venido a dar al grupo, a Karla Villavicencio por casi obligarme a entrar al grupo de Mastozoología Marina. De manera especial quiero agradecer a Hiram Rosales por ser mi eterno compañero de trabajo de campo y aventuras y por ayudarme con la elaboración de los mapas de distribución y a Danielle Cholewiak que aún sin pertenecer físicamente a este grupo, pertenece a esta gran familia por su forma tan especial de ser.

Quiero agradecerles a todos ustedes en general por compartir conmigo las mejores aventuras, viajes, navegaciones, congresos, nados, alegrías, bolitas, estupideces y hasta frustraciones.

Al MVZ Guillermo Islas y Dondé quien me enseñó gran parte de lo que conozco sobre fauna silvestre y quien me apoyó durante toda la carrera.

A mis sinodales Dr. Luis Medrano, Dra. Livia S. León, Biol. Astrid Frisch, M en C. David R. Ortiz y MVZ Guillermo Islas por tomarse el tiempo de revisar este trabajo y por ayudarme a mejorarlo.

A Jeff Jacobsen, Danielle Cholewiak, Salvatore Cerchio y Erin A. Falcone por permitirme usar parte de sus datos, para completar mi trabajo y por su apoyo en el trabajo de campo.

A la UNAM por permitirme pertenecer a la máxima casa de estudios del País y por todo lo aprendido en ella.

Al CONACyT y al Proyecto SPLASH por el apoyo económico, para la realización de este trabajo.

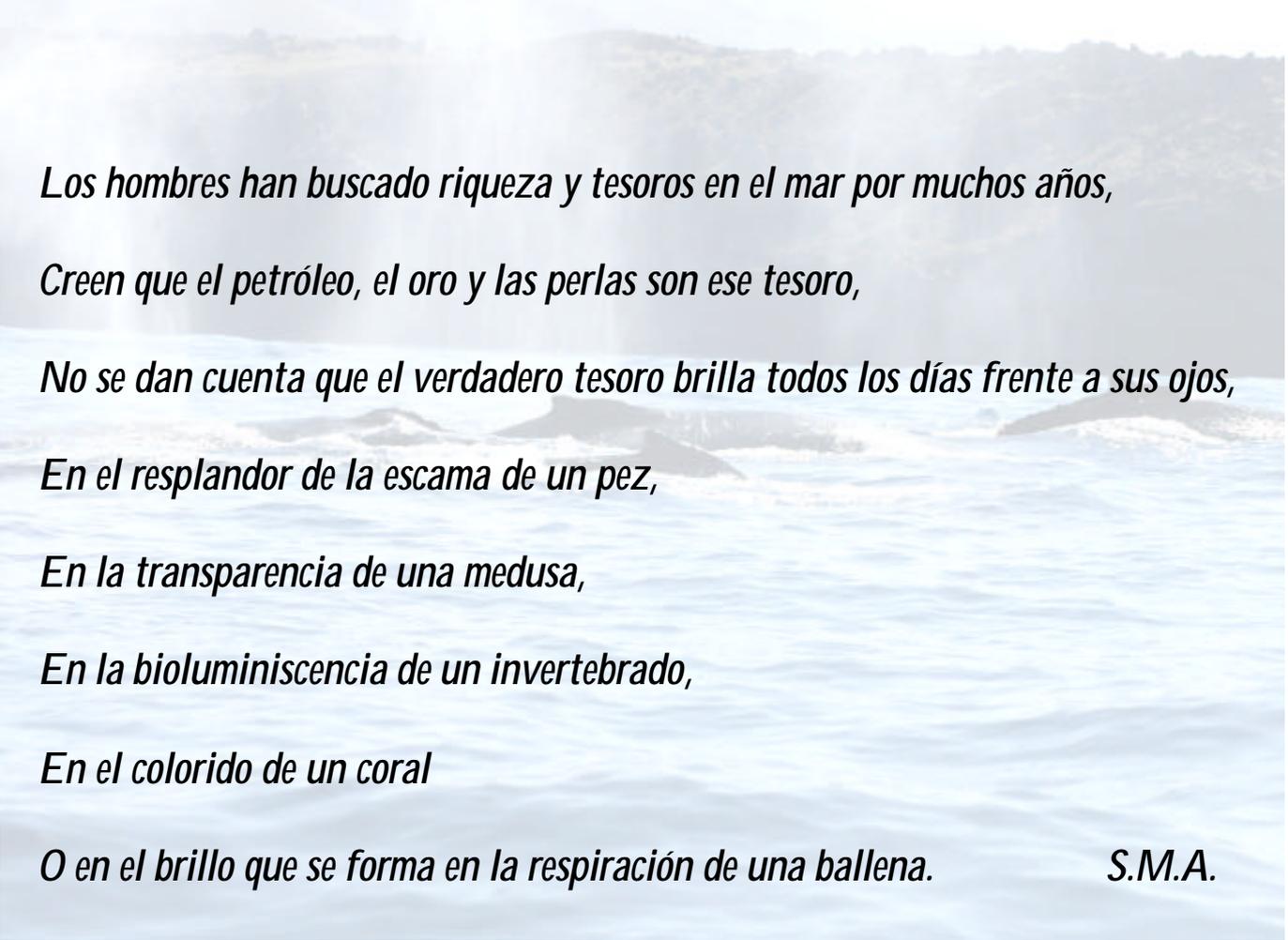
Al personal del Laboratorio de Microcine; Anabel y Alejandro Martínez por ayudarme a dar mis primeros pasos en el ámbito de la fotografía y por permitirme positivizar tantas fotos para mi tesis.

Quisiera agradecer a todos y cada una de las personas que a lo largo de los últimos 20 años colectaron datos de campo en uno o mas años y en particular a aquellos con los que tuve la dicha de compartir el trabajo de campo: Mike Herder, Jorge Urban, Rafael Campos, Isabel Salas, Ricardo Gómez, Mario Salinas, Paloma Ladrón de Guevara, Lourdes Flores, Ma. Carmen García, Laura Sarti, Eduardo Cesar F. Carlos Olivera, Nemesio Vargas, Luis Medrano, Danielle Cholewiak, Janet Nolasco, Salvatore Cerchio, Erin A. Falcone, Robert W. Henry, Victoria Lynne Vousburg, Hiram Rosales Nanduca, Talina Ruiz Rodríguez, Adalberto Herrera, Carlos Aguilera, Santiago Acosta, Adrian Reich, Sandra E. Smith Aguilar, Axayacatl Brambila Villaseñor, Tom Turowski, Melissa Crowford, Jennifer Lynne Gerding, Joe Kaplan, Gloria E. Panecatl , Courtney L., Sandra Pompa Mansilla, Alberto Uribarren, Verónica Iriarte, Jonatan Woods, Andrea McManus. Jeff Jacobsen y todos aquellos que en este momento no recuerdo o no tuve la dicha de conocer.

A la Secretaría de Marina Armada de México que a través del Subsector Naval la Socorro proporcionó ayuda para que este estudio fuera posible, en forma particular quisiera agradecer al Comandante de la Isla Socorro en el año 2003, Capitán de Navío Pedro Francisco Orozco Santín, al Capitán de Fragata Raúl Pérez Vásquez, al Teniente de Fragata Manuel Alonso Cheves, al Teniente de Fragata Jesús Molina Larumbe, al Teniente de Fragata Salomón Conde, al 1er Maestre Salvador Medina de la Rosa, al 1er Maestre Jesús Memije, al cabo Marco Antonio Meza Gallardo, al Cabo Demetrio Rivas Brambila, al Cabo Moisés Meza Morales, al Cabo Sergio Meza, al cabo José A. Silva de la Torre, al Cabo Ulises Chávez Moreno, al Marino Francisco Navarro y al Infante de Marina Rosbel G. Barragán Lepe, por todo el apoyo y amistad que nos brindaron durante tantos años.

A la Señora Trini y a su Hijo Rubén por su hospitalidad y por su apoyo durante nuestra estancia en Manzanillo.

A Maura Martínez Nava, Javier Montiel Agüero y Manuel Ramírez Pérez por apoyarme y alcahuetearme en el trabajo para poder continuar con mi tesis.



Los hombres han buscado riqueza y tesoros en el mar por muchos años,

Creen que el petróleo, el oro y las perlas son ese tesoro,

No se dan cuenta que el verdadero tesoro brilla todos los días frente a sus ojos,

En el resplandor de la escama de un pez,

En la transparencia de una medusa,

En la bioluminiscencia de un invertebrado,

En el colorido de un coral

O en el brillo que se forma en la respiración de una ballena.

S.M.A.

1. Datos del Alumno
Martínez
Aguilar
Sergio
57532671
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Licenciado en Biología
091150943

2. Datos del tutor
Dr.
Luis
Medrano
González

3. Datos del sinodal 1
Dra.
Livia Socorro
León
Paniagua

4. Datos del sinodal 2
M en C
David Ricardo
Ortiz
Ramírez

5. Datos del sinodal 3
Biól.
Astrid
Frisch
Jordán

6. Datos del sinodal 4
M.V.Z.
Guillermo Ignacio
Islas
y Dondé

7. Datos del trabajo escrito

Un modelo de abundancia absoluta de la ballena jorobada Megaptera novaeangliae, en aguas adyacentes a las islas del Archipiélago de Revillagigedo, México.

82 p.

2008

CONTENIDO.

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| ANTECEDENTES | 7 |
| Descripción de la ballena jorobada | 7 |
| Distribución y ciclo migratorio | 10 |
| Alimentación | 14 |
| Reproducción | 14 |
| El canto | 15 |
| Intervalos de reproducción | 16 |
| Historia y situación actual | 17 |
| Fotoidentificación | 18 |
| ZONA DE ESTUDIO | 20 |
| Las Islas Revillagigedo | 20 |
| La Isla Socorro | 22 |
| Suelo | 23 |
| Clima | 24 |
| Vegetación | 24 |
| Fauna | 24 |
| Oceanografía | 25 |
| La Isla Clarión | 25 |
| Vegetación | 26 |
| Fauna | 26 |
| Suelo | 27 |
| PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN | 28 |
| Objetivos | 29 |
| MÉTODOS | 30 |
| Trabajo de mar | 30 |
| Compilación de datos | 31 |
| Análisis de distribución de transectos y avistamientos | 33 |
| Análisis de datos | 34 |
| Intercambio entre regiones de estancia inverna | 37 |
| RESULTADOS | 38 |

| | |
|--|----|
| Esfuerzo de Fotoidentificación | 39 |
| Área de muestreo | 39 |
| Distribución de las agrupaciones por zonas | 44 |
| Solitarios | 45 |
| Cantores | 46 |
| Parejas | 47 |
| Hembras con cría | 48 |
| Grupos de competencia | 49 |
| Distribución de los tipos de agrupación | 50 |
| Tasa de Aparición de nuevos individuos | 51 |
| Estimación de abundancia | 52 |
| Distribución del número de captura | 52 |
| Análisis de simulaciones | 54 |
| Análisis de congruencia | 55 |
| Recapturas entre la Isla Socorro e Isla Clarión | 57 |
| Recapturas entre el Archipiélago Revillagigedo y la Costa del Pacífico Mexicano | 57 |
| | |
| DISCUSIÓN | 59 |
| | |
| CONCLUSIONES | 63 |
| | |
| AGRADECIMIENTOS | 65 |
| | |
| REFERENCIAS | 69 |
| | |
| APÉNDICE I (Formas de campo) | 74 |
| Registro General de Avistamiento | 74 |
| Registro de Fotoidentificación por Rollo | 75 |
| Registro de Fotoidentificación por Individuo | 76 |
| | |
| APÉNDICE II (Recapturas) | 77 |
| Recapturas entre la Isla Socorro e Isla Clarión | 77 |
| Recapturas entre el Archipiélago de Revillagigedo y la costa del Pacífico Mexicano | 82 |

RESUMEN.

Las aguas adyacentes a las Islas Revillagigedo conforman una zona de reproducción de ballena jorobada, que varios estudios indican como una subpoblación distintiva de estos animales en el Pacífico Norte. En este trabajo reportamos los resultados sobre la reproducción, distribución y abundancia de esta agregación invernal, obtenidos en los alrededores de la Isla Socorro y con los cuales buscamos definir el estado de su conservación y evaluar su importancia para la población del Pacífico Norte. Entre enero y abril de 1986 a 2006, se navegó un total de ca. 14,300 millas náuticas durante ca. 6640 horas en las que se hicieron 3382 avistamientos de ballenas jorobadas. Junto con el esfuerzo realizado en los alrededores de la Isla Clarión, se lograron 3434 identificaciones fotográficas anuales de 1678 individuos sin considerar las identificaciones repetidas intranuales. Con resultados obtenidos entre 2003 y 2006 se sugiere que las hembras con cría muestran una tendencia clara a distribuirse al sotavento de la isla mientras que otras agrupaciones de las ballenas sin crías presentan una distribución ligeramente mayor en la parte noroeste de la isla. Mediante simulaciones del esfuerzo de marcaje individual en poblaciones modeladas, se estimó una población actual de 3500-3800 individuos que ha crecido exponencialmente con tasa anual de 10-12% y que presenta heterogeneidad en la marcabilidad de los individuos, probablemente como resultado de filopatria diferencial entre las islas del archipiélago y tal vez entre las Revillagigedo y otros posibles destinos migratorios no conocidos. Estos parámetros aparentes reflejan un crecimiento poblacional superior al de las ballenas en la costa del Pacífico Mexicano y sugieren que las ballenas jorobadas de las Islas Revillagigedo, además de ser una entidad demográfica distintiva, se han recuperado con una tasa mayor probablemente como resultado de una menor afectación antropogénica de sus hábitats de alimentación y reproducción. Esta recuperación empieza a dejar la fase de crecimiento exponencial y muestra algunos signos de densodependencia.

ABSTRACT

The surroundings of Revillagigedo Islands are a breeding zone of what several studies suggest as a distinctive subpopulation of humpback whales in the North Pacific. In this work, we report the most relevant results on the ecology and reproduction of this wintering aggregation, obtained around Socorro Island, looking to define its conservation status and to evaluate its importance for the North Pacific population. We navigated ca. 14,300 nautical miles during ca. 6640 hours between January and April through the years 1986 to 2006 making a total of 3382 sightings of humpback whales. Together with an added effort around Clarion Island, a total of 3434 photographic identifications of 1678 individuals were obtained without taking into account repeated identifications within years. Database from last 4 years shows that Cow/calf pairs show a clear trend to be distributed by the island's lee while other pods without calves seem to be distributed slightly to the Northwest zone of the island. By simulating the marking effort in modeled populations, we estimated a current population of 3500-3800 individuals which has growth exponentially with annual rates of 10-12% and which is heterogeneous in the markability of individuals probably as a result of differential philopatry between islands and maybe between Revillagigedo and other possible unknown migratory destinations. These apparent parameters reflect population growth rates superior to those of humpbacks in the Mexican Pacific coast and suggest that Revillagigedo humpback whales, besides being a distinctive demographic entity, have recovered with a higher rate probably as a result of lesser anthropogenic effects in their feeding and breeding habitats. This recovery starts to leave the exponential growth phase and shows a slight densodependency.

INTRODUCCIÓN.

El hombre siempre ha tenido una estrecha relación con el mar y con los animales que lo habitan. Los cetáceos, en particular, siempre han sido de gran interés para todas las sociedades. Sin embargo, el conocimiento sobre la biología de estos organismos es relativamente nuevo.

Durante los siglos XIX y XX se generó una gran explotación comercial de varias especies de cetáceos, en particular de las ballenas, lo que llevó a varias de estas especies al borde de la extinción.

Antes de la explotación comercial existían entre 15 y 20 mil ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico Norte (Rice, 1978), las cuales se redujeron hasta dejar sólo un 10% del total de su población. En 1965 la Comisión Ballenera Internacional decretó una moratoria para la cacería de ballenas y a partir de esta moratoria, se han realizado grandes esfuerzos para conocer el grado de recuperación de varias subpoblaciones del Pacífico Norte, Atlántico Norte y Océano Austral (Winn, 1985).

Desde que se que se identificó a las costas del Pacífico Mexicano como zonas de congregación invernal de la ballena jorobada, se ha tenido la inquietud de conocer la distribución, abundancia, estructura poblacional, destinos migratorios, conducta y ciclo reproductivo de estas subpoblaciones (Ladrón de Guevara-Porras, 1995).

El Archipiélago de Revillagigedo además de aumentar de manera importante la Zona Económica Exclusiva de México, es una zona de estudio en la que se han registrado en 20 años a 9 especies de mamíferos marinos; 2 ballenas, 6 delfines y un lobo marino (datos obtenidos por el Grupo de Mastozoología Marina de la UNAM). Este Archipiélago además carece casi en su totalidad de tránsito marítimo y sobre todo de embarcaciones de observación "eco-turística" lo que proporciona una mejor apreciación de las conductas naturales de las agrupaciones de ballenas jorobada.

El presente trabajo se hizo con la finalidad de conjuntar el trabajo realizado por un gran grupo de investigadores y estudiantes a lo largo de 20 años y con el objetivo de dar a conocer los resultados obtenidos con este esfuerzo.

ANTECEDENTES.

Descripción de la ballena jorobada

La ballena jorobada, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), pertenece al Orden Cetacea, Suborden Mysticeti (ballenas con barbas) y a la familia Balaenopteridae (Ballenas de aleta o Rorcuales). Otros nombres con los que también se conoce a esta especie son: Gorback (Ruso), Bucklelwal (Alemán), Baleine à bosse (Francés), Knolhval (Noruego), Yubarta (América Latina), Humpback whale (Inglés) y Zato kujira (Japonés).

Cuando nacen, las ballenas jorobadas miden en promedio de 4 a 5 m. (Matthews, 1937; Nishiwaki, 1959) y tienen un peso aproximado de 680 Kg. La madurez sexual la alcanzan entre los 4 y los 6 años, pero se cree que los machos inician su actividad reproductiva más tarde que las hembras (Clapham y Mayo, 1987 y Clapham, 1992). La longitud promedio de las ballenas jorobadas es de 14 a 16 m. para las hembras y de 11 a 14 m. para los machos. Tienen un peso que varía entre 30 y 40 toneladas.

La longitud de la cabeza constituye casi un tercio de la longitud total del cuerpo (Tomilin, 1957), la cresta media es poco distinguible y presenta protuberancias o tubérculos en la región maxilar. El número y la posición de los tubérculos varían de un individuo a otro. La coloración de esta especie va de totalmente negra a negro con blanco en la garganta, abdomen y costados (Lillies, 1915). También puede tener manchas blancas en la cabeza, detrás de los ojos y en el dorso (Tomilin, 1957).

En los adultos, las barbas miden de 85 a 104 cm. de longitud y puede tener de 270 a 400 barbas por cada lado de la boca. Estos animales tienen de 12 a 36 surcos gulares que se extienden desde la garganta hasta el ombligo. La aleta dorsal es baja (menor de 30 cm.), se encuentra en el segundo tercio posterior y su forma varía de puntiaguda a falcada a redondeada. La coloración de la aleta dorsal puede ser igual a la del dorso o tener tonalidades más claras (Tomilin, 1957).

Las características más distintivas de esta especie son:

- El número de surcos gulares.
- El tamaño de las aletas pectorales, es de aproximadamente un tercio de la longitud total del cuerpo, la coloración de la superficie dorsal de las aletas pectorales varía de negro a blanco, mientras que la superficie ventral es generalmente blanca.
- El borde de la aleta caudal es generalmente aserrado y comúnmente presenta balanos en las puntas. La superficie dorsal es básicamente negra, mientras que la superficie ventral tiene una combinación variable de blanco y negro. La coloración ventral es distintiva y puede usarse para identificar animales individualmente (Katona *et al.*, 1979). Las aletas caudales de algunos animales tienen marcas diversas algunas de las cuales son producidas por mordidas de orcas, por enmallamientos o por peleas con otros individuos (Katona, 1980).

Tomilin (1967) menciona que existe dimorfismo sexual entre las ballenas jorobadas. Las hembras presentan un rostro más alargado y tienen un mayor número de surcos gulares que los machos. Otras formas de diferenciar los sexos son las siguientes: Winn *et al.* (1973) sugirieron que los cantores en las áreas de reproducción deberían ser machos e idearon un método para identificar el sexo de las ballenas a través del estudio de una muestra de piel viva, identificando el corpúsculo de Baar. Jurasz *et al.* (1980) sugieren que el dorso escalonado o el dorso liso en el momento del arqueo pueden ser usados para identificar el sexo en las ballenas jorobadas correspondiendo a machos y hembras respectivamente. Glockner (1983) reportó que las hembras presentan un lóbulo hemisférico en la región genital. Otra forma de identificar el sexo de estos animales es la identificación molecular que se obtiene a partir de una muestra de tejido (Baker *et al.*, 1991).

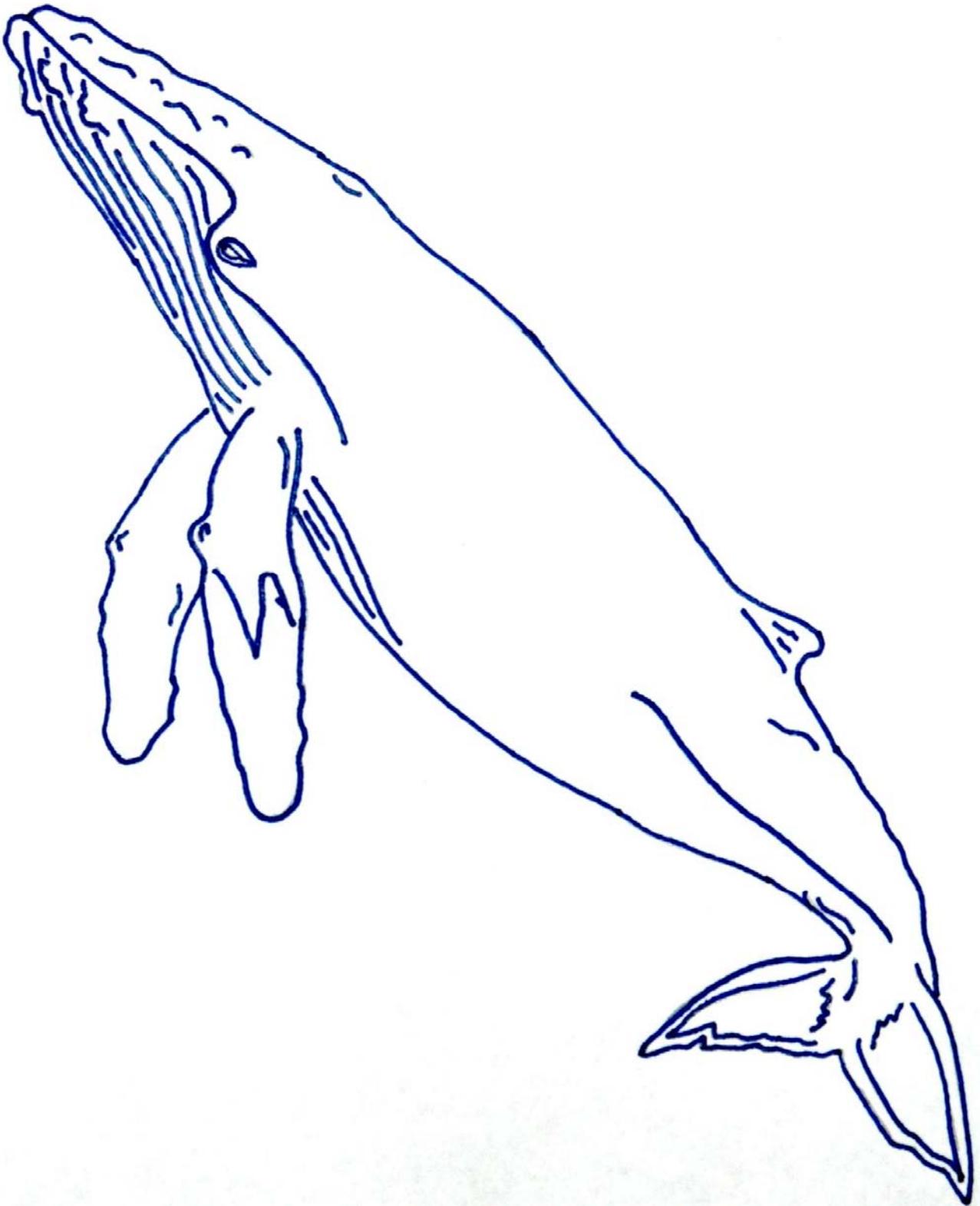


Figura 1. La ballena jorobada. (Dibujo del Autor).

Distribución y ciclo migratorio.

Las ballenas jorobadas se encuentran en todos los océanos del mundo, habitan altas latitudes donde se alimentan durante la primavera y verano y viajan a latitudes tropicales durante el otoño para aparearse y criar. Esta especie se encuentra dividida en tres poblaciones. Una población se encuentra en el Pacífico Norte, otra en el Atlántico Norte y la última en el Océano Austral (Kellogg 1929, Mackintosh 1965, Tomilin 1967) (figura 2). En el Hemisferio Norte las ballenas jorobadas, se encuentran del Ecuador a 70° de Latitud Norte y en el Hemisferio Sur se encuentran desde el Ecuador hasta los márgenes del hielo antártico. Generalmente las ballenas jorobadas tienden a congregarse en aguas someras a lo largo de la costa o alrededor de islas oceánicas. Los ciclos reproductivos de las subpoblaciones del Hemisferio Norte y del Hemisferio Sur están separados por seis meses debido al desfase estacional entre ambos hemisferios. (Nishiwaki, 1972; Rice, 1974 y 1978).

En el Atlántico Norte, las ballenas jorobadas se alimentan en el verano desde la costa Este de los Estados Unidos y Canadá hasta Groenlandia (Katona & Beard, 1990) y otros individuos se alimentan desde Islandia hasta la parte Norte de Noruega (Christensen *et al.*, 1992), mientras que en el invierno se encuentran criando en las Antillas (Silver Bank, el Banco de Navidad y la Bahía Samaná, Clapham *et al.*, 1993) y algunas más en las Islas de Cabo Verde (Reiner *et al.*, 1996).

En el Pacífico Norte, las ballenas jorobadas que se encuentran del lado noroeste, se alimentan durante el verano en el Mar de Bering, las Islas Aleutianas y hacia el oeste en las Islas Honshu en Japón. (Berzin y Rovnin, 1966).

Las ballenas jorobadas de la parte central se alimentan en el norte de la Columbia Británica, el sureste de Alaska, al oeste de la Ensenada Prince William y las Islas Kodiak (Baker *et al.*, 1990; Perry *et al.*, 1990). Finalmente las ballenas jorobadas del lado este se alimentan en California, Oregon y Washington, EUA y sur de la Columbia Británica (Calambokidis, *et al.* 1989).

En invierno, durante la temporada de reproducción, las ballenas jorobadas del Pacífico Norte se congregan en tres grandes áreas:

1. El Pacífico Noroeste Islas Taiwán, Bonin, Ryukyu y Marianas (Nishiwaki 1954 y Townsend, 1935).
2. El Pacífico Central alrededor de las principales islas hawaianas desde Kalua hasta Hawaii (Wolman y Jurasz, 1977).
3. El Pacífico Noreste desde Baja California Sur hasta América Central y alrededor de las Islas Revillagigedo (Rice 1978).

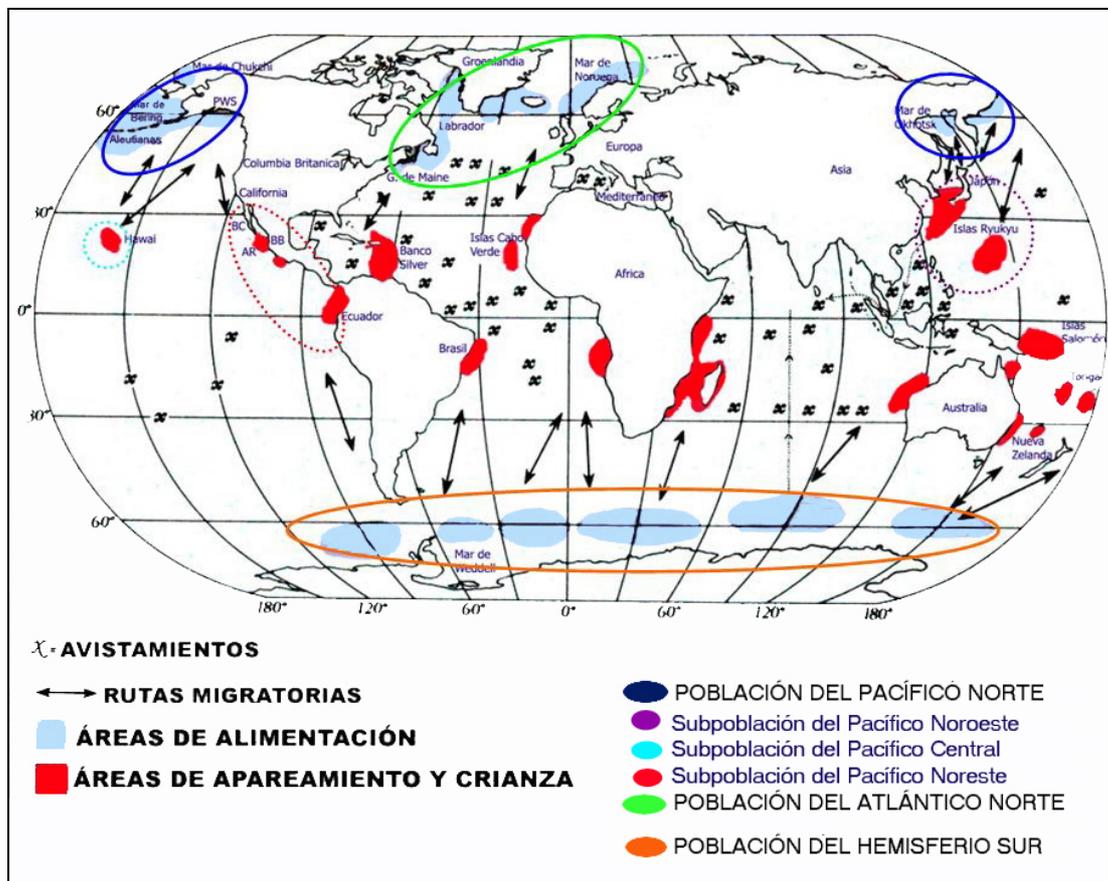


Figura 2. Distribución y ciclo migratorio de las ballenas jorobadas en el mundo, (Modificado de L.K. Winn y H.E. Winn, 1985).

En las aguas del Pacífico Mexicano existen dos subregiones diferentes de congregación invernal las cuales tienen pequeñas diferencias estacionales (Urbán y Aguayo, 1987). Las dos subregiones mencionadas son:

- Costa Este del Pacífico Mexicano desde Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec, incluyendo las cercanías de las Islas Tres Marías e Isla Isabel, Nayarit y Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. Ésta es la principal área de congregación invernal de las ballenas jorobadas en las costas de México, aquí las ballenas se pueden encontrar desde mediados de octubre hasta abril.
- Las Islas Revillagigedo incluyendo la Isla San Benedicto, Isla Socorro, e Isla Clarión (Rice, 1966). Aquí las ballenas se encuentran desde diciembre hasta principios de mayo.

Asimismo, la parte sur de la Península de Baja California, es un lugar de tránsito, donde las ballenas se pueden encontrar desde septiembre hasta mayo y en la parte norte del Golfo de California también se han registrado ballenas jorobadas durante todo el año. Un estudio reciente hace referencia de la península de Baja California como una zona de congregación invernal (González-Peral, 2006).

Para las ballenas jorobadas que en invierno se encuentran en Bahía de Banderas, Isla Isabel y Baja California, la principal zona de alimentación durante el verano son los alrededores de las Islas Farallón en California, para las ballenas que en invierno se encuentran en Hawai, las principales áreas de alimentación durante el verano se encuentran en Alaska (Sureste de Alaska, Bahía Yakutat, Ensenada Prince William y la parte Oeste del Golfo de Alaska). Para las ballenas que en invierno se encuentran en las Islas Revillagigedo, no se conoce con precisión su principal zona o zonas de alimentación. Las ballenas de una zona de alimentación pueden viajar a diferentes zonas de reproducción y ballenas de una misma zona de reproducción, pueden viajar a diferentes zonas de alimentación. Sin embargo, las ballenas muestran mayor fidelidad a una zona de alimentación (Baker *et al.*, 1986).

Las fotoidentificaciones de unos pocos animales que se han observado tanto en las Islas Revillagigedo y en algunos lugares de las costas del Pacífico Mexicano confirman intercambio reproductivo entre estas dos áreas (Baker *et al.*, 1986).

Existe flujo genético entre las subpoblaciones de Hawai y el Pacífico Mexicano, evidenciado por las recientes fotoidentificaciones y datos moleculares; Medrano-González *et al.* (1995) y Baker *et al.* (1994) encontraron que el haplotipo mitocondrial, del linaje A dominante entre las ballenas muestreadas en Hawai es común entre las ballenas muestreadas en aguas mexicanas. Este clado es el único en Alaska.

Los patrones de migración para el Archipiélago de Revillagigedo son diferentes a los patrones de migración para los grupos de las costas mexicanas. Se han registrado fotoidentificaciones de los individuos del Archipiélago de Revillagigedo en diferentes áreas de alimentación, sin embargo en años recientes se encontró que su destino migratorio principal hacia las zonas de alimentación es el Golfo de Alaska (Calambokidis J. *et al.*, 2007).

Se ha sugerido que las ballenas jorobadas de Revillagigedo están separadas de las subpoblaciones que se alimentan a lo largo de las costas de Alaska Suroriental, Columbia Británica y California. Esta hipótesis se basa en lo siguiente:

- El diferente grado de intercambio individual de las tres regiones invernales mexicanas (Urbán *et al.*, 1989; 1999; Álvarez Flores *et al.*, 1990; Ladrón de Guevara Porras *et al.*, 1993), así como el gran número de registros conocidos entre Hawai y Revillagigedo mayor a los registros que existen entre Hawai y cualquier área de las costas Mexicanas (Darling y Jurasz, 1983; Darling y McSweeney, 1985; Baker *et al.*, 1986; Perry *et al.*, 1988).
- Una mayor tasa de reavistamientos durante el invierno más que en cualquier otra región de estancia invernal estudiada (50% de reavistamientos en el Archipiélago de Revillagigedo contra un 5 a 15 % de reavistamientos en otras regiones). Esto se debe a la congregación alrededor de un reducido número de islas y tal vez a un tamaño poblacional pequeño.
- Las diferencias significativas en las frecuencias haplotípicas de DNA mitocondrial relativas a aquellas encontradas en Baja California y las principales regiones costeras de México (Medrano-González *et al.*, 1995, Baker *et al.*, 1998).

Alimentación.

Las ballenas jorobadas pueden alimentarse de un gran número de especies. En la parte norte del Pacífico Norte y en el Mar de Bering se alimentan de eufáusidos (krill) y peces de cardúmen como las macarelas (*Scomber scombrus*), los capelanes (*Mallotus villosus*) y los arenques (*Harengus spp*). En el Antártico la ballenas jorobadas se alimentan principalmente de eufáusidos (*Euphausia spp*) (Nemoto, 1959; Jurasz y Jurasz, 1979).

Como otros rorcuales, las ballenas jorobadas son tragadores (Nemoto, 1970). Cuando se alimentan toman agua y alimento a través de su boca, los surcos gulares de su garganta le permiten engullir grandes cantidades de agua y alimento, enseguida cierran la boca y con la lengua y la contracción de los surcos gulares expulsan el agua a través de las barbas quedando retenido el alimento que finalmente tragan.

En Alaska y el Atlántico Norte, las ballenas jorobadas realizan un tipo característico de alimentación denominado pesca con red de burbujas. Exhalan aire formando burbujas y estas a su vez crean una red ascendente de unos 10 a 15 metros de diámetro que acorrala a las presas. Las ballenas recolectan al cardúmen remontando la columna de agua con la boca abierta. Las ballenas también pueden alimentarse acorralando y embistiendo horizontalmente a sus presas (Wursig, 1988).

En las zonas de alimentación, la organización social se caracteriza por la ausencia de competencia y en algunos momentos existe cooperación en las conductas de alimentación. (Baker y Herman, 1981; Baker *et al.*, 1982; Weinrich, 1983; Baker, 1985).

Reproducción. (Conducta invernal).

La ballena jorobada es una especie con muchos despliegues, estos animales exhiben diferentes conductas bajo el agua y en la superficie como; espiar (asomo de la cabeza fuera del agua), golpes con las aletas pectorales, golpes con la aleta caudal, saltos parciales o totales y cabeceo (Leatherwood y Foster, 1983).

Muchas de las conductas sociales en las zonas de invernación están relacionadas con la reproducción. Las crías están estrechamente relacionadas con sus madres (Herman y Antinoja, 1977; Glockner y Venus, 1983).

La madre con su cría en compañía de una tercer ballena (la escolta) forman una unidad social común (Herman y Antinoja, 1977; Glockner y Venus, 1983). Las escoltas también pueden observarse solas como cantores y se les ha visto unirse con madres con cría que se aproximan a ellos (Tyack, 1981).

Aunque la identificación del sexo de las ballenas en el campo es difícil, se ha probado que las escoltas así como los cantores son machos (Winn y Winn, 1978; Glockner-Ferrari y Ferrari, 1981; Baker *et al.*, 1981; Darling *et al.*, 1983; Medrano *et al.*, 1994). Cuando se llega a reunir un grupo de escoltas alrededor de una hembra con o sin cría se presentan agresiones entre las escoltas (Baker *et al.*, 1981; Baker y Herman, 1984; Whitehead, 1983). La incidencia de agresiones se incrementa cuando aumenta la densidad de machos presentes en una agregación (Baker y Herman, 1984).

El canto.

Para tratar de comprender la conducta de las ballenas jorobadas, se han hecho diferentes interpretaciones sobre la conducta del canto. Payne (1970) definió una canción como un patrón periódico de sonidos que presenta una secuencia definida.

- Se ha descrito como una conducta para atraer a las hembras, pero se han reportado pocas observaciones de interacción entre los machos cantores y las hembras (Mobley *et al.* 1988, Tyack 1981).
- Comunicar a las hembras la posición de los machos (Medrano *et al.*, 1994).
- Jerarquización entre los machos (Darling 1983; Darling y Bérube 2001).
- Sincronizar el estro en las hembras (Baker y Herman 1984).

La canción gradualmente cambia con el tiempo y la mayoría de los cantores de una subpoblación tienden a cantar la misma versión. Winn, (1981) y Payne y Guinne, (1983) encontraron que la estructura de las canciones de las ballenas Jorobadas de Hawai y México es esencialmente idéntica en un año determinado, pero son claramente diferentes de las estructuras de las canciones de otras manadas en otros lugares.

La canción presenta un grado de modificación entre diferentes años (Cerchio, 2001), por lo que se presume que las ballenas que viajan a Hawai y México deben tener un contacto acústico en algún punto, para aprender la nueva canción.

Intervalos de reproducción.

Las ballenas jorobadas alcanzan la madurez sexual de los 4 a los 6 años. Su gestación es de 11 a 11.5 meses y las crías nacen en aguas tropicales o subtropicales durante el invierno. Los recién nacidos miden de 4 a 5 m. pesan aproximadamente 680 Kg. y tienen un periodo de lactancia de 6 a 11 meses (Chittleborough, 1957). Generalmente las ballenas jorobadas pueden tener una cría cada dos o tres años (Baker *et al.*, 1987; Clapham y Mayo, 1987; Perry *et al.*, 1990) pero se han observado hembras que han tenido cría en años consecutivos debido a ovulación posparto, en algunas ocasiones relacionada a la pérdida de la cría (Chittleborough, 1957). La ovulación posparto se considera algo común, pero únicamente una proporción de las hembras ovulantes pueden tener periodos de preñez anual.

El intervalo promedio de reproducción es de 2.2 años para Hawai (Glockner y Ferrari 1984; Baker *et al.*, 1987) y de 2.1 años para Revillagigedo (Salas Rodarte, 1993). Juárez-Salas (2001) registró un intervalo de reproducción de 2 a 3 años para la Bahía de Banderas y de 1 a 5 años para las Islas Revillagigedo, siendo el intervalo de 2 años el más frecuente.

Las tasas de nacimiento de la ballena jorobada varían en todo el mundo. Esto puede deberse a respuestas diferentes frente a la explotación comercial. Las estimaciones de las tasas de nacimiento son: 7.2%, 9.1% y 9.6% crías/ total de individuos para Hawai (Herman y Antinoja, 1977; Baker *et al.*, 1987), 8.4% para Bahía de Banderas y 9.9% para la Isla Socorro (Salas Rodarte 1993), 10 a 12 % para Bahía de Banderas e Islas Revillagigedo y de 9 a 10 % para los

Cabos (Juárez-Salas, 2001). Mientras que para el Atlántico Norte, los datos obtenidos en las Antillas sugieren una tasa de nacimiento anual del 3 % (Stevick *et al.*, 2001).

En las zonas de congregación invernal el sistema de apareamiento de las ballenas, puede describirse como una poliginia leve, lo que involucra: una mayor proporción de machos que hembras y una competencia física entre los machos por las hembras sexualmente maduras (Baker *et al.*, 1981; Glockner-Ferrari y Ferrari, 1981; Tyack y Whitehead, 1983; Baker y Herman, 1984; Mobley y Herman, 1985; Cerchio, 2003).

Historia y situación actual.

Las poblaciones de ballenas jorobadas se cazaron en el siglo XIX y a lo largo del siglo XX, lo que redujo a 10% el número original de la población mundial. Aproximadamente 200,000 ballenas jorobadas fueron cazadas en el Hemisferio Norte entre 1904 y 1983. A pesar de esto, la mayoría de las poblaciones, parecen estar recuperándose en la actualidad.

Antes de la explotación comercial de las ballenas jorobadas, la población del Pacífico Norte era aproximadamente de 15000 individuos (Rice, 1978) y para 1966 se reportaron de 1200 a 1400 individuos únicamente (Gambell, 1975; Johnson y Colman, 1984), Para principios de 1980, la población del Pacífico era de entre 1000 y 2000 individuos (Darling y Morowitz, 1986; Baker y Herman, 1987).

Para el Atlántico Norte, la población a mediados del siglo XIX era de 4000 a 6000 individuos (Reeves y Mitchell, 1982; Whitehead, 1987) y la estimación a principios de 1970 era de 800 a 1300 individuos (Mitchell, 1973; Winn *et al.*, 1975).

Para evaluar el estado actual de las poblaciones a nivel mundial se ha tratado de determinar el número de ballenas que se concentran año con año en las zonas de reproducción, para lo cual se han realizado transectos lineales (Rice y Wolman, 1982, Balcomb y Nichols, 1982) y estudios de marcaje por fotoidentificación, con esto se ha estimado el tamaño absoluto de las poblaciones del Atlántico Norte (Whitehead, 1982), del Pacífico Norte (Darling y Morowitz, 1986; Baker *et al.*, 1986; Álvarez Flores, 1987), así como de algunas regiones del Hemisferio Sur.

La población del Atlántico Norte actualmente se ha calculado en 11,600 animales (Stevick *et al.*, 2001), la del Hemisferio Sur en 17,000 individuos, pero se sabe que esta estimación no es completa y la población del Pacífico Norte en 6000 a 8000 individuos (Calambokidis *et al.*, 1997).

La poblacional para Las Islas Revillagigedo fue calculada en 914 individuos (590-1193) en 1991 (Urbán *et al.*, 1999) y recientes estudios sugieren que de 2200 a 2800 pasan el invierno en el Pacífico mexicano incluyendo las Islas Revillagigedo (Urbán *et al.*, 1999). Esta última estimación fue realizada con datos obtenidos entre 1986 y 1992.

Fotoidentificación.

La ballena jorobada es el roccual más fácil de identificar debido a que nadan relativamente lento. Una típica secuencia de respiración incluye 8 a 10 respiraciones separadas entre sí por 15 o 20 segundos, antes de realizar una inmersión de 6 a 8 minutos. Después de la última respiración de una serie, las jorobadas arquean la espalda y la cola. Si las ballenas hacen una inmersión profunda cuando se sumergen generalmente elevan su aleta caudal al aire. La coloración de la superficie ventral de la aleta caudal varía de blanco a negro en los diferentes individuos y casi siempre poseen marcas distintivas individuales como cicatrices, muescas, mutilaciones y callosidades de tal forma que, al fotografiarlas, se tiene un registro individual equivalente al de un experimento de marcaje (Katona, 1981, figura 3).



Isla Socorro 1989, UNAM



Isla Socorro 1991, Jacobsen



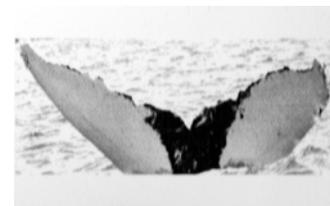
Isla Socorro 1995, Jacobsen



Isla Socorro 1997, Cerchio



Isla Socorro 2003, UNAM



Isla Socorro 2004, UNAM

Figura 3. Ejemplo de recapturas fotográficas de una ballena jorobada. Se indica la región y año de la identificación así como el fotógrafo o la institución (GMM- Grupo de Mastozoología Marina).

Las variaciones de coloración en la región ventral de las aletas caudales se han clasificado por Glockner y Venus (1983) (figura 4).

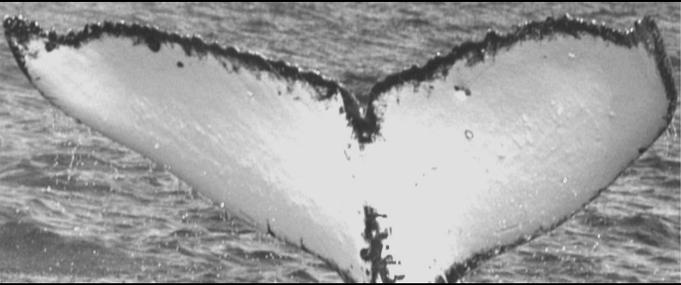
| | |
|---|--|
| <p>TIPO 1. Caudales predominantemente blancas; la región blanca puede estar limitada por un margen negro.</p> |  |
| <p>TIPO 2. Caudales predominantemente blancas; sólo que el borde negro se extiende hacia adentro y se fusiona en la línea media, dividiendo la región blanca en dos áreas.</p> |  |
| <p>TIPO 3. Caudales en las que no predomina ni el blanco ni el negro. En éstas existe una gran área negra en la región media y a lo largo de los bordes, separando dos áreas blancas.</p> |  |
| <p>TIPO 4. Caudales predominantemente negras con dos áreas pequeñas de color blanco.</p> |  |
| <p>TIPO 5. Caudales completamente negras en las cuales pueden ocurrir líneas, círculos o marcas de color blanco.</p> |  |

Figura 4. Clasificación de la coloración de la aleta caudal en la ballena jorobada

La variación en la coloración de la aleta caudal de las ballenas jorobadas se registró por primera vez por Lillie (1915), pero entonces no se sabía si las marcas eran individuales y permanentes. En 1960 Schevill y Backus notaron los patrones distintivos de las caudales.

La comparación de las fotografías de las caudales provee información de los movimientos de los individuos y el tiempo de estancia en una área particular (Katona *et al.*, 1979) De igual forma, la fotoidentificación como técnica de marcaje sirve para determinar la abundancia absoluta, los movimientos migratorios de cada individuo, las asociaciones entre individuos (estructura social) y en algunos casos asociados con otros datos, se puede identificar el sexo y la edad de los organismos así como su historia reproductiva.

Si todos los individuos de una población son fotoidentificados, el tamaño de la población puede ser determinado por el conteo directo pero en el caso de que el tamaño de la población sea demasiado grande o el esfuerzo de identificación no sea suficiente, el método estadístico de marcaje-recaptura basado en la fotoidentificación provee técnicas validas para obtener estimaciones poblacionales (Perkins y Whitehead, 1977).

Algunos estudios demuestran que existen diferencias en cuanto a la coloración de la caudal en las ballenas Jorobadas de diferentes regiones (Matthews, 1937, Omura, 1953 y Chittleborough, 1965). Las subpoblaciones del Hemisferio Sur presentan frecuencias más altas de caudales con pigmentaciones claras mientras que las subpoblaciones del Pacífico Norte (Japón, Hawai y México) y Atlántico Norte, se caracterizan por frecuencias altas de coloraciones oscuras (con valores de 4 a 5). La similitud en la distribución de las clases de pigmentación entre las subpoblaciones podría indicar flujo genético entre subpoblaciones interoceánicas (Rosenbaum *et al.*, 1995).

ZONA DE ESTUDIO.

Las Islas Revillagigedo.

El Archipiélago de las Islas Revillagigedo se encuentra situado en el Océano Pacífico Nororiental entre los 18°20' N y 19°20' y los 110°45' y 114°50' W. Está integrado por cuatro islas oceánicas de origen volcánico que de mayor a menor superficie son: Socorro, Clarión, San Benedicto y Roca Partida. (Figura 5).

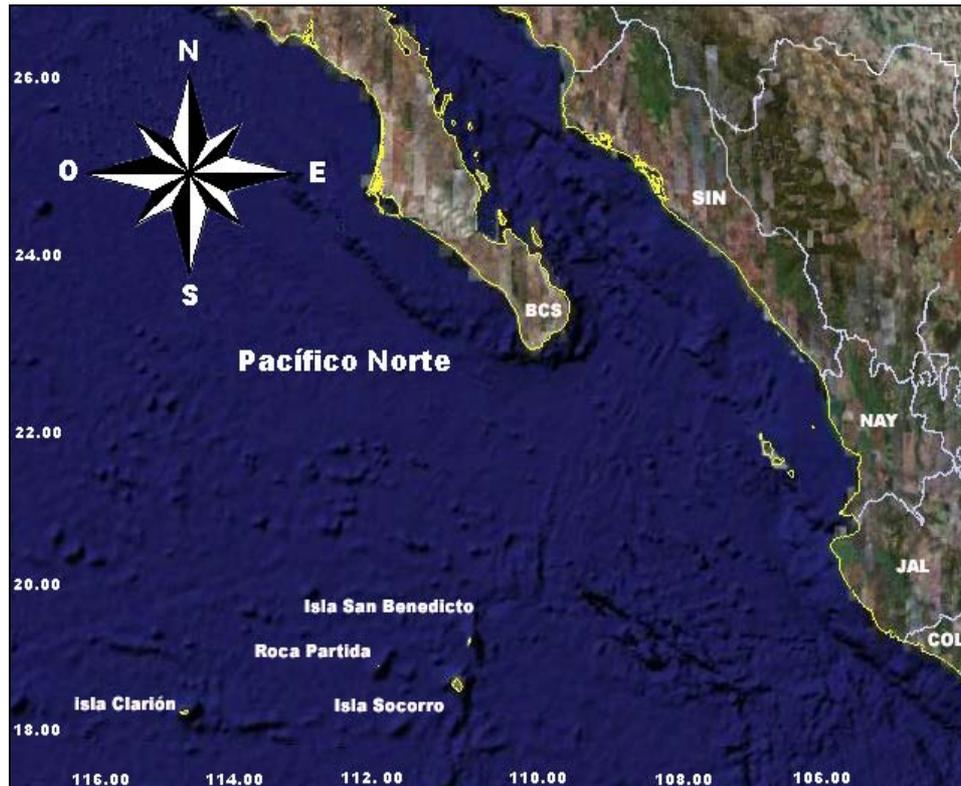


Figura 5. Las Islas Revillagigedo. (Fig. modificado de Google earth, www.google/earth/com)

Estas islas fueron descubiertas en 1533 por el navegante español Hernando de Grijalva (Medina, 1978) pero fue hasta 1957 que se estableció una base naval en la Isla Socorro (Jehl y Parkes, 1982) y en 1979 en la Isla Clarión (Everett, 1988). Actualmente la población de la Isla Socorro es de 50 activos del personal naval, mientras que en la Isla Clarión únicamente se encuentran 11 marinos.

El Archipiélago de Revillagigedo es importante biológicamente debido a la cantidad de organismos endémicos como son la Paloma de Clarión (*Zenaida macroura clarionensis*), el Halcón cola Roja de Socorro (*Buteo jamaicensis socorrensis*), los Buhos enanos de Isla Socorro (*Micrathene whitneyi graysoni*) e Isla Clarión (*Athene cunicularia*), las Lagartijas azules de Socorro e Isla Clarión (*Urosaurus auriculatus*), la serpiente de Clarión, (*Masticophis anthony*), el perico verde (*Aratinga holochlora brevipes*) y el cuervo de Clarión (*Corvus corax clarionensis*), entre otros. (Ortega y Castellanos, 1994).

Las islas de este Archipiélago son reconocidas como zonas de alimentación, crecimiento y anidación de cuatro de las seis especies de tortugas marinas que habitan en las costas de México; la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), la golfinia (*Lepidochelys olivacea*), la carey (*Eretmochelys imbricata*) y la prieta (*Chelonia mydas*) (Arqueta, 1994).

El Archipiélago de Revillagigedo está en la zona de transición del Pacífico Oriental Norecuatorial. En esta zona convergen las masas de agua superficial y subsuperficial transportadas por la Corriente de California, que tiene influencia hasta latitudes al sur del archipiélago (Roden, 1971, Reid, 1973) y por la continuación norecuatorial del sistema de corrientes del Pacífico Ecuatorial Oriental (Wyrki, 1967). El agua de la capa superficial entre los 0 y los 45 m. está a temperaturas mayores a 23.5 °C y salinidades entre 34.35 y 34.50 ppm.

La Isla Socorro.

La Isla Socorro es la principal isla del archipiélago, se localiza en los 18° 20' de Latitud Norte y a los 110° 57' de Longitud Oeste, a unos 480 Km. al Sur de la península de Baja California Sur y a 716 Km. de Manzanillo, Colima (Adem, 1960), tiene forma oval con 16.6 km. de largo por 11 km. de ancho, cuenta con casi 210 Km.² de superficie.

La isla es la cúspide truncada de un cono volcánico que emerge del fondo del océano desde una profundidad de 3500 m. y alcanza una altura de 1050 m. sobre el nivel del mar en el pico del Monte Everman (Johnston, 1931; Figura 6).

Su topografía es muy accidentada, con cerros y elevaciones medias donde destacan algunas planicies, cañadas y corrientes de lava volcánica que descienden hasta el mar, formando acantilados de más de 40 metros de alto. El paisaje es contrastante, la parte Norte de la isla se encuentra siempre con una densa vegetación. En cambio el Sur y el Este de la isla presentan grandes zonas áridas de color rojizo afectadas por la erosión del viento.

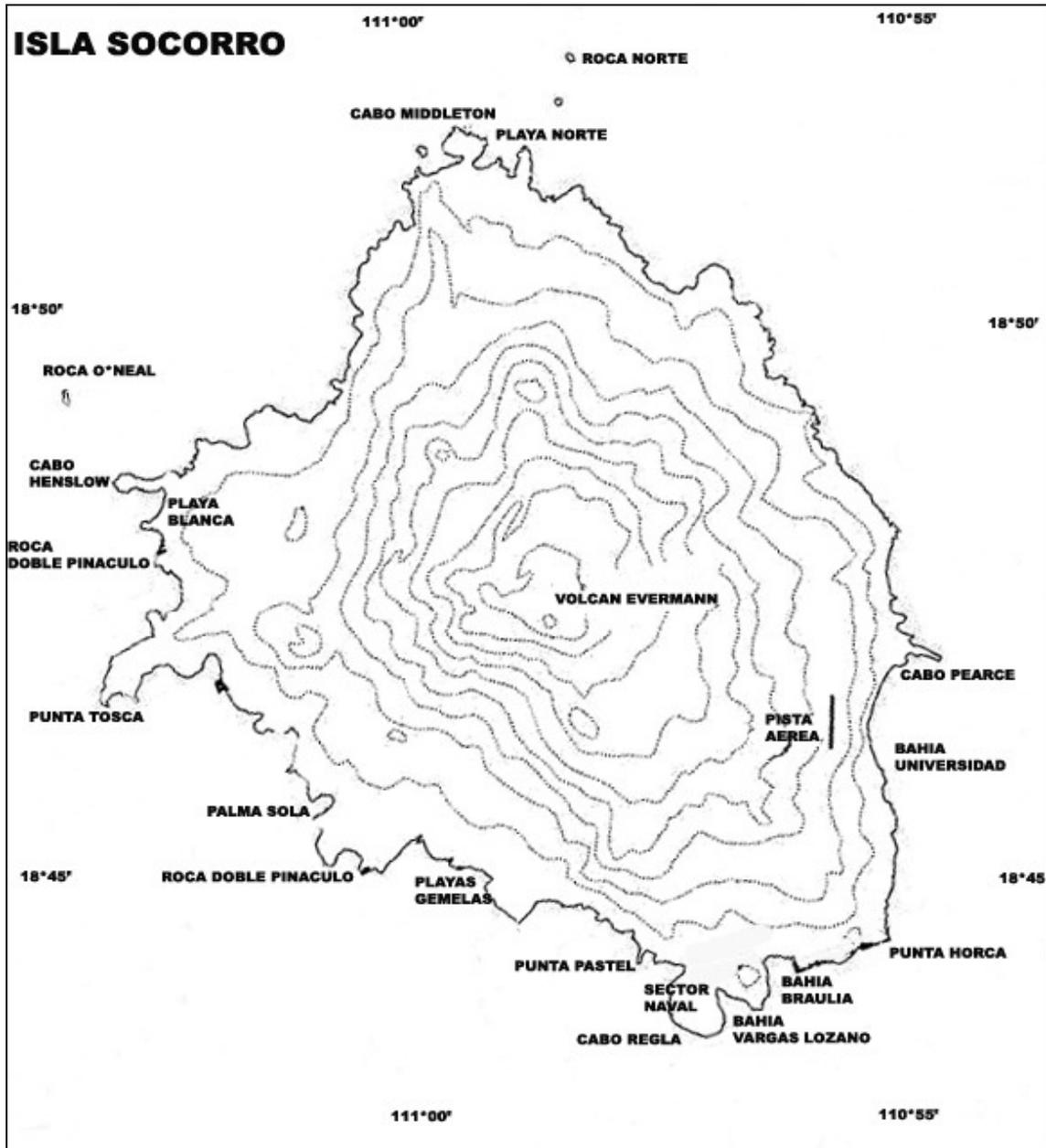


Figura 6. La Isla Socorro, modificado del INE, (www.ine.gob.mx)

SUELO.

Debido al origen de la isla, el suelo se formó de material volcánico (Blázquez, 1960; Buol *et al.*, 1981), prueba de ello es la existencia de un cono volcánico en la isla, conocido como Monte Evermann. Se cree que la isla se formó por procesos de acumulación de lava, la cual brotó desde el fondo del mar hace 64 millones de años (Jiménez, 1990). Los suelos de la isla son basálticos de color ocre o rojizo y con gran cantidad de materia orgánica.

CLIMA.

El clima está clasificado como (Aw) cálido subhúmedo tropical (Koeppen modificado por García, 1973) con una temperatura media anual de 23.5° C y 761 mm. de precipitación anual (Escuela Superior de Guerra, 1948), la época de lluvias es de Junio a Octubre y los vientos predominantes son del Noreste (Wilson, 1967). Con la entrada del verano se inicia la temporada de tormentas tropicales, llegando a ocurrir en promedio 10 huracanes por año (Gunther, 1984).

VEGETACIÓN.

La vegetación de la Isla Socorro se considera tropical, se han diferenciado nueve asociaciones vegetales (matorral mixto, matorral decíduo, áreas erosionadas, pradera indecídua, vegetación costera, bosque, pradera de altura, pastizal y pastizal indecíduo) e identificado 117 especies de plantas vasculares de las cuales la tercera parte son endémicas (Levin y Moran 1989).

FAUNA.

Dentro de los vertebrados terrestres encontrados en la Isla Socorro están una especie de reptil nativo (*Urosaurus auriculatus*) y una especie de reptil introducida (*Hemidactylus frenatus*), roedores, aves de diversos tipos y fauna nociva como son los gatos (*Felis catus*) y los borregos domesticos (*Ovis aries*) transformados en salvajes (Villa, 1960).

En lo que respecta a la vida marina, podemos encontrar diversos *phyla* de invertebrados (Artrópodos, Moluscos, Anélidos, Equinodermos), peces de las familias; Serranidae, Carangidae, Lutjanidae, Pomadasidae, Pomacentridae, Cirrhitidae, Labridae, Blennidae, Gobiidae, Balistidae y Tetraodontidae (Llinás-Gutiérrez, 1993), así como elasmobranquios y tortugas marinas: Tortuga prieta (*Chelonia mydas*), tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*), tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*) (Gallegos *et al.*, 1988).

Los mamíferos marinos que se han observado alrededor de la Isla Socorro son: La tonina (*Tursiops truncatus*), orca falsa (*Pseudorca crassidens*), ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), orca (*Orcinus orca*) y delfín de Fraser (*Lagenodelphis hosei*) (Salinas *et al.*, 1994). Además de las especies antes mencionadas, el Grupo de Mastozoología Marina de la UNAM ha registrado entre 2003 y 2006 un avistamiento de ballena gris (*Eschrichtius robustus*) y un avistamiento de lobo marino (*Zalophus* sp.) y R. Reyes registró un avistamiento de ballena piloto de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*) (com. pers).

OCEANOGRAFÍA.

Las masas de agua que circundan a la Isla Socorro en la capa de 0 a 250 m. de profundidad son: en orden ascendente 1) El agua superficial subtropical del Pacífico Sur, 2) El agua de la Corriente de California, 3) el agua superficial subtropical del Pacífico Norte y 4) El agua superficial tropical. La circulación regional, los movimientos de mesoescala y las condiciones atmosféricas determinan la distribución espacial y la evolución temporal de las masas de agua en la vecindad de la Isla Socorro, estos factores producen una distribución de temperatura y salinidad poco homogénea. (Gallegos, 1988).

La Isla Clarión.

Esta isla, antiguamente llamada Isla Santa Rosa, se localiza en los 18° 21' de Latitud Norte y 114° 45' de Longitud Oeste a unos 396 km. al Oeste de la Isla Socorro, siendo la isla más occidental del Archipiélago de Revillagigedo y de México. Posee una extensión de 8.6 km. de largo por 3.5 km. de ancho y presenta tres picos: El más alto es el monte Gallegos con una altitud de 335 m. sobre el nivel del mar, el segundo pico es el llamado monte de la Marina con una altitud de 280 m. y el tercer pico es el de la tienda con 292 m. sobre el nivel del mar (Figura 7).

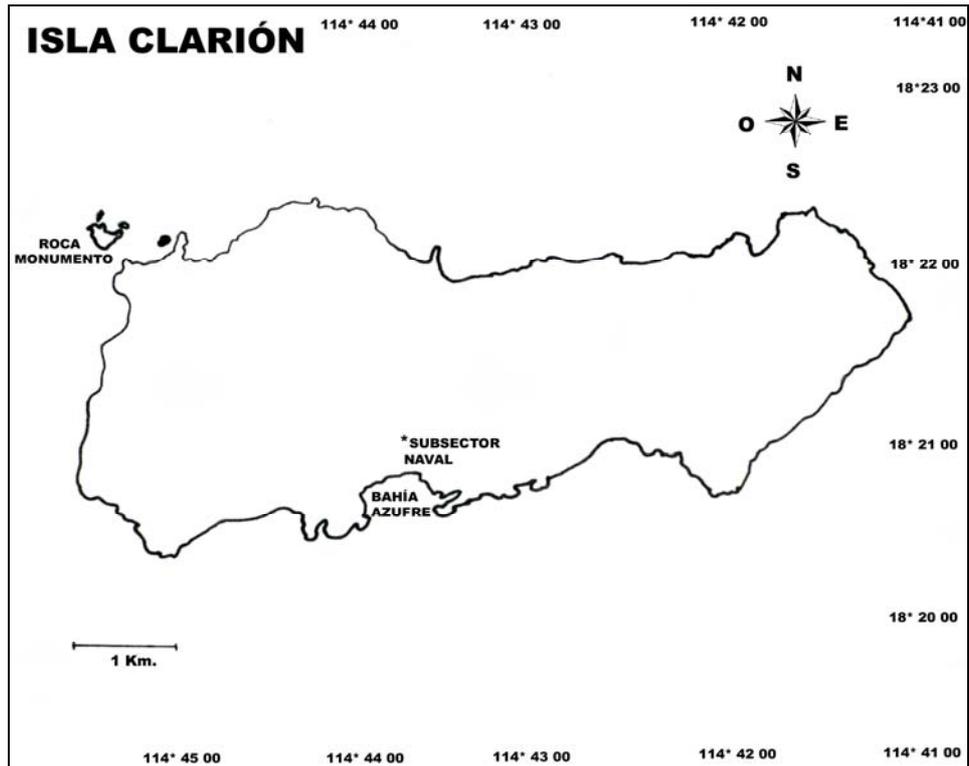


Figura 7. La Isla Clarión (modificado de [www.Google earth.com](http://www.Google-earth.com)).

VEGETACIÓN.

La vegetación de la Isla Clarión es similar a la de la Isla Socorro (predominan los zacates, matorrales y nopaleras), mientras que en las zonas altas se presentan las higueras *Ficus* sp. y los guayabillos. Esta isla presenta 43 especies de plantas vasculares de las 26% son endémicas (Johnston, 1931).

FAUNA.

La especie de pez más representativa de la Isla Clarión es el Ángel de Clarión (*Holacanthus clarionensis*), aunque también se pueden encontrar gran variedad de peces de gran tamaño como los atunes (*Thunnus* spp), los fogueños (*Halichoeres nicholsi*), las cabrillas (*Dermatolepis dermatolepis*) y varias especies de tiburones.

En los reptiles que habitan la Isla Clarión encontramos a una especie de lagartija (*Urosaurus auriculatus*), a la serpiente de Clarión, (*Masticophis anthony*) y varias especies de tortugas marinas: La tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), la golfina (*Lepidochelys olivacea*), la carey (*Eretmochelys imbricata*) y la prieta (*Chelonia mydas*), que anidan en las playas de las bahías.

Las aves endémicas están representadas por una especie de paloma *Zenaida macroura clarionensis*, el búho enano (*Athene cunicularia*) y el cuervo de Clarión (*Corvus corax clarionensis*), aunque también podemos encontrar aves no endémicas, como las fragatas (*Fregata minor palmerstoni*) y los pájaros bobos (*Sula didactylatra*). En 1991 se detectó en la Isla Clarión el establecimiento de una colonia de Albatros, que han llegado a reproducirse.

En la Isla Clarión sólo se han registrado especies de mamíferos introducidas como los conejos (*Oryctolagus cuniculus*), cerdos (*Sus scrofa*), ratas (*Ratus ratus*) y ratones (*Mus musculus*).

SUELO.

Sobre la superficie rocosa de origen volcánico, la isla tiene una capa delgada de tierra color gris en algunas áreas, predominando en otras el suelo arenoso o arcilloso de color rojizo.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

La Islas Revillagigedo son islas de gran importancia para México ya que amplían la extensión de la zona económica exclusiva y en ellas existe un gran número de especies endémicas.

Por otra parte, la Isla Socorro constituye un centro de información meteorológica por encontrarse sobre las corrientes tibias que sirven de camino a las perturbaciones tropicales del Pacífico Occidental.

Asimismo, ésta es una de las principales zonas de reproducción para la ballena jorobada en el Pacífico Norte. De acuerdo a varios estudios, la subpoblación de ballena jorobada de la Isla Socorro podría llegar a considerarse como una subpoblación independiente a la subpoblación de las costas de México.

La Isla Socorro es un lugar ideal para realizar todo tipo de estudio sobre fauna marina debido a que es una zona poco perturbada por embarcaciones comerciales o turísticas. Por lo anterior, es importante estudiar a las ballenas jorobadas de las Islas Revillagigedo para así poder establecer planes efectivos de conservación. Con el presente trabajo se pretende reorganizar y actualizar el catálogo de fotoidentificación perteneciente al grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias de la UNAM, el cual se inició desde 1986. La finalidad de la actualización del catálogo es apoyar la unificación de un catálogo de fotoidentificación para todo el Pacífico Mexicano.

Luego de esta labor, en este trabajo se pretende conocer la abundancia absoluta de la población mediante un modelaje basado en la incongruencia de algunos estimadores de tamaño poblacional.

OBJETIVOS.

- ✓ Actualizar y corregir el catálogo fotográfico de las ballenas jorobadas que visitan las aguas adyacentes a las Islas Socorro y Clarión del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias, UNAM.

- ✓ Identificar la distribución de los diferentes tipos de agrupaciones alrededor de la Isla Socorro.

- ✓ Modelar la abundancia absoluta de la población de ballenas jorobadas del Archipiélago Revillagigedo con base en la incongruencia entre diferentes estimadores basados en el método de marcaje y recaptura.

- ✓ Comparar el catálogo fotográfico de las ballenas jorobadas que visitan las aguas adyacentes a las Islas Revillagigedo con el catálogo fotográfico de la Costa del Pacífico Mexicano (Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit, Isla Isabel Nayarit y aguas adyacentes), del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias, UNAM, para estimar el índice de intercambio entre zonas de congregación invernal.

MÉTODOS.

Trabajo de mar

Se realizaron navegaciones en las aguas adyacentes a la Isla Socorro durante los periodos comprendidos entre el 5 de febrero y el 12 de abril de 2001, el 23 de febrero y el 29 de abril del 2003, el 20 de enero y el 16 de abril del 2004, el 8 de febrero y el 18 de abril del 2005 y del 5 de febrero al 14 de abril de 2006. El material obtenido se comparó con el material ya existente en el laboratorio del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias de la UNAM desde 1986.

Para la comparación del material obtenido entre 2001 y 2006 con el material de años anteriores, se utilizó material obtenido por Jeffrey Knud Jacobsen y Erin Andrea Falcone pertenecientes a la Universidad de Humbolt y por Salvatore Cerchio y Danielle Cholewiak pertenecientes a la Universidad de Michigan y posteriormente a la Universidad de Cornell.

Durante el trabajo de campo se realizaron navegaciones en lanchas inflables de 4.5 m. de eslora, con motor fuera de borda de 25 a 40 HP. Las navegaciones no comprenden transectos predeterminados y cuando las condiciones climáticas lo permitían, se realizaba una circunnavegación alrededor de toda la isla. El promedio de velocidad de navegación se ve afectado por el tipo de actividad realizada (búsqueda de agrupaciones, seguimiento de agrupación o grabación de cantor).

Las ballenas se identificaron individualmente mediante fotografías del patrón de coloración blanco y negro y mediante otras marcas naturales que presentan en la superficie ventral de la aleta caudal. Las aletas caudales fueron fotografiadas a 20 m. de distancia, usando una cámara semi automática equipada con un lente de 300 mm. y una película blanco y negro de alta velocidad (Kodak Tri X Pan ASA 400) como lo sugiere Katona, (1981). A partir del año 2003 se utilizó una cámara reflex digital, con un lente de 300 mm. Una sensibilidad a la luz similar al de una película de ASA 400 y una velocidad de 1/1000 segundo.

Cuando en un avistamiento existe más de un individuo, se fotografía cualquier individuo del grupo sin seguir una secuencia de fotografías de una ballena como lo recomienda Katona *et al.* (1980). Las ballenas fueron seguidas hasta que se considerara que todos los animales habían sido identificados o hasta que se había consumido bastante tiempo con ballenas que eran difíciles de fotografiar (Álvarez-Flores, 1987).

Asimismo, se tomaron notas de campo donde se registraron datos como: El nombre de los observadores, la localidad, la fecha del muestreo, el total de horas de navegación durante ese día, el total de horas de trabajo directo con los animales, las condiciones climáticas generales para cada avistamiento: nubosidad, Beaufort, temperatura superficial del mar, etc. Los registros generales del avistamiento como son: hora de inicio y fin de la observación, el nombre de la especie observada, la posición geográfica de la agrupación, el número de organismos, los tipos de asociaciones, las conductas y datos del material fotográfico tomado (figuras 20, 21 y 22).

Compilación de datos.

Del grupo de fotografías de cada individuo registrado desde 1986 hasta 2006 se seleccionaron las mejores, para ser incluidas en el catálogo. Estas fotografías fueron impresas en papel fotográfico de 5.5 x 8.5 cm. Cada individuo se identificó por un código que incluye en primer lugar un número que hace referencia a la coloración que presenta la superficie ventral de la caudal, utilizando el criterio de Glockner y Venus (1983). En segundo lugar, la clave contiene la letra M que indica la inicial del nombre científico de la especie. Los dos siguientes dígitos representan el año en que fue obtenida la fotografía del animal por primera vez, la siguiente letra hace referencia al área de concentración invernal en donde se realizó la identificación (B=Bahía de Banderas, I= Isla Isabel e Islas Marías, R= Islas Revillagigedo, P= Costa Sur de la Península de Baja California y S para los animales fotoidentificados al Sur Sureste de Cabo Corrientes). Los últimos tres dígitos corresponden al orden de inclusión en el catálogo de los individuos de cierta coloración que hayan sido fotoidentificados por primera vez en el área de concentración correspondiente (Álvarez, 1987; Figura 8).



Figura 8. Fotoidentificación con número de catálogo.

Como la calidad de algunas de las fotografías no era buena, se efectuó un ordenamiento de todos los negativos existentes y se procedió a positivar algunas fotos que fueran más nítidas que las que ya se encontraban originalmente en el catálogo. Además de imprimir todas las fotografías del catálogo, éstas fueron digitalizadas para tener un respaldo de todo el archivo. De igual forma, los registros que ya se tenían desde 1986 fueron reordenados y pasados a una base de datos para posteriormente ser comparados con los datos de los años 2001, 2003, 2004, 2005 y 2006.

Una vez concluido el catálogo de fotoidentificación se efectuó una comparación entre los individuos identificados en la Isla Socorro y la Isla Clarión y se realizó una estimación del grado de intercambio entre islas (movimiento de individuos entre las islas). Posteriormente el catálogo de Fotoidentificación obtenido en las Islas Socorro y Clarión fue comparado con el catálogo de fotoidentificación de la Costa del Pacífico Mexicano (Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit conjuntado entre 1986-2003 y 2006 e Isla Isabel (Nayarit) conjuntado entre 1984 y 1989, para evaluar la migración entre áreas de estancia invernal.

Estos catálogos fueron obtenidos por el grupo de Mastozoología Marina de la UNAM y debido a las comparaciones realizadas, es que algunos individuos del Archipiélago de Revillagigedo, presentan claves de identificación de otras áreas.

Análisis de distribución de transectos y avistamientos.

Para determinar con precisión el esfuerzo realizado alrededor de la Isla Socorro, así como la distribución de los avistamientos, se dividió a la isla en cuatro zonas de acuerdo a sus características (figura 9).

Zona 1. Esta comprendida desde la punta Horca hasta Punta Tosca (<18.7851 Lat N y >110.9205 Long W). Esta zona al encontrarse al lado sur de la isla, se caracteriza por estar protegida de las corrientes y vientos del Norte. Es la zona con mayor número de bahías y donde se observa una plataforma más extendida.

Zona 2. Esta comprendida desde la parte norte de Punta Tosca, hasta la parte media de la punta norte (>18.7851 Lat N. y >110.9880 Long W). En esta zona predominan las corrientes marinas y los vientos del norte, en esta zona también se encuentra un número considerable de bahías, aunque éstas no están tan protegidas como las de la zona 1.

Zona 3. Se extiende desde la mitad de la Punta Norte, hasta la cara Norte del Cabo Pearce (>18.7750 Lat. N y <110.9880 Long W). En esta zona al igual que en la zona 2 predominan las corrientes marinas y vientos del Norte, pero esta zona presenta un número reducido de bahías y su plataforma es estrecha.

Zona 4. Se extiende desde Cabo Pearce, hasta punta Horca (<18.7750 Lat. N y <110.9205). Esta es la zona más pequeña de la isla y únicamente presenta una bahía (Bahía Universidad), aquí las condiciones del mar varían dependiendo de la intensidad de los vientos del Norte.

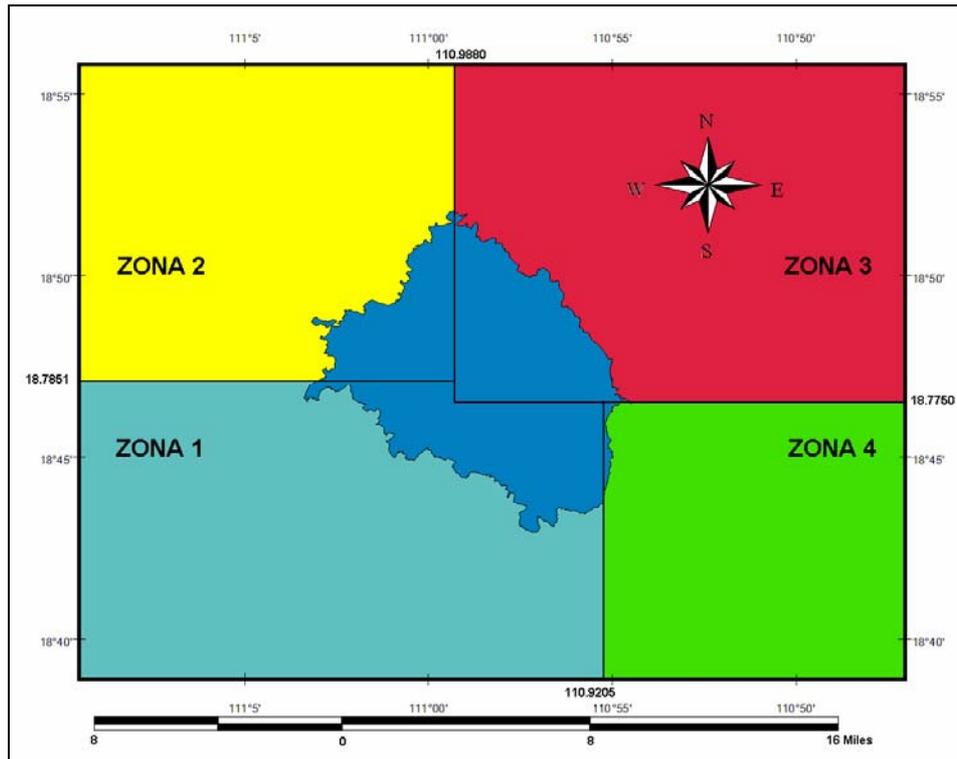


Figura 9. Delimitación de las cuatro zonas de muestreo en la Isla Socorro.

Análisis de Datos.

Para cuantificar la Abundancia relativa de las agrupaciones por zona, primero se calculó la distancia total recorrida, mediante el uso del programa SECTONAS diseñado por Luis Medrano González. Este programa utiliza las posiciones geográficas de los transectos, obtenidas mediante el GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Multiplica las distancias estimadas entre puntos por un valor establecido de la curvatura de la tierra, cuantificando la distancia total recorrida. Este programa también estima el esfuerzo por zonas al ingresarle posiciones geográficas que delimitan zonas más pequeñas en el área de estudio (Medrano-González com pers).

Para la determinación del número de avistamientos por tipo de agrupación en cada zona, se utilizó el programa SECTOMAM diseñado por Luis Medrano González. Este programa determina el número de avistamientos registrado dentro de cada zona, mediante la utilización de posiciones geográficas para la delimitación de zonas y analizando la posición geográfica de cada avistamiento.

Finalmente, para obtener la abundancia relativa, se dividió el número total de avistamientos de cada tipo de agrupación entre el total de la distancia recorrida por zona y se obtuvo la proporción de avistamientos por milla náutica en cada una de las zonas.

Para obtener una estimación de la abundancia absoluta, como primer paso se realizó una matriz de presencia-ausencia anual con todos los datos obtenidos, tomando como recaptura la presencia de un individuo en años diferentes. Esta matriz generó resultados como: el número de categorías de capturas, el número de individuos identificados por año y el número de nuevos individuos por año. Estos datos junto con el número total de individuos identificados y los años de muestreo fueron analizados por el programa Fidfid 3.2 desarrollado por Luis Medrano González. Este programa examina tres estimadores: La modificación de Bailey (1951) al estimador fundamental de Petersen, la tasa de aparición de nuevos individuos y la distribución del número de capturas (Darling y Morowitz, 1986), así como las congruencias entre los estimadores. El Fidfid3.2 calcula estos estimadores mediante la determinación tradicional de mínimos cuadrados entre los datos y predicciones teóricas de modelos poblacionales simples y fijos para diferentes valores propuestos de abundancia. Luego, a Fidfid3.2 se le ingresan uno o dos parámetros de diferentes modelos a escoger de heterogeneidad en la probabilidad de captura (α).

El programa simula el esfuerzo real de captura con reemplazo en estas poblaciones modeladas determinando mínimos cuadrados entre los datos reales y los arrojados por las simulaciones. Por cada valor de abundancia en examen, Fidfid3.2 determina datos promedio de 100 simulaciones para comparar con los datos reales. Los modelos examinados son los siguientes:

0) Una población homogénea con probabilidad de captura por individuo $1/N$ (donde N es la abundancia absoluta). La diferencia con el análisis de fórmulas tradicionales es que en este caso se considera la distribución del esfuerzo en las simulaciones.

1) Una población con distribución heterogénea de la probabilidad de captura definida para cada individuo i , desde $i=1$ hasta $i=N$, como sigue:

$$p_i = \frac{1}{Ni^\alpha}$$

Donde $\alpha=0$ indica homogeneidad en la probabilidad de captura y heterogeneidad creciente en paralelo al incremento en $\alpha>0$. Una interpretación de este modelo es que se observa una fracción de una población con distribución más amplia que la zona monitoreada y/o con tiempo de recambio mayor al tiempo de monitoreo y para los cuales, los individuos observados tienen un grado de filopatria.

2) Un modelo con crecimiento exponencial con tasa intrínseca r en donde la marcabilidad del número de individuos al tiempo T , (N_t) es proporcional a los períodos F-T donde T es el último año de esfuerzo.

Para cada valor propuesto del parámetro α , se determina la congruencia (C_{dc}) entre los estimadores de la curva de aparición de nuevos individuos (d) y la distribución del número de capturas (c) como sigue:

$$C_{dc} = 1 - abs\left(\frac{N_d - N_c}{N_{dc}}\right)$$

Donde abs indica el valor absoluto; N_d es el estimador de la curva de aparición de nuevos individuos; N_c es el estimador de la distribución del número de capturas; y N_{dc} es el promedio de ambos. Nótese que C_{dc} puede ser negativo si la diferencia entre los estimadores supera su promedio. Se determina asimismo la proporción (P), del valor de mínimos cuadrados (M), con respecto al estimador, esto es: $P_d = M_d/N_d$ y $P_c = M_c/N_c$.

Dado un conjunto completo de estimaciones para diferentes valores de α , se definen valores de optimización de error para cada tipo de estimador (O_d y O_c), con las proporciones máximas de error encontradas (P_{dmax} y P_{cmax}), como sigue:

$$O_d = 1 - \frac{P_d}{P_{dmax}}$$

$$O_c = 1 - \frac{P_c}{P_{cmax}}$$

Nótese que los valores de optimización son cero cuando $P=P_{max}$. Finalmente, se determina un valor de optimización total (O_{tot}), de la estimación, basado en los mínimos de error de los dos estimadores (O_d y O_c) y la congruencia entre ellos (C_{dc}), como sigue:

$$O_{tot} = O_d O_c C_{dc}$$

Nótese que O_d , O_c , C_{dc} y O_{tot} , tienen un valor máximo de uno.

Intercambio entre regiones de estancia invernal.

Para estimar el grado de intercambio entre las diferentes regiones de estancia invernal, se compararon los catálogos de fotoidentificación del Archipiélago de Revillagigedo y el de la Costa del Pacífico Mexicano. Una vez cuantificado el número de individuos por zona y el número de recapturas entre ellas, se procedió a analizarlas.

Mediante el uso del inverso del estimador de Petersen se obtuvo el grado de recapturas de cada una de las regiones (En este análisis se dividió al Archipiélago de Revillagigedo por islas; Isla Socorro e Isla Clarión, para tener una mejor comparación), en seguida se comparó el intercambio de individuos entre las islas del Archipiélago y la costa de Pacífico Mexicano (Bahía de Banderas, Isla Isabel y aguas adyacentes).

$$Nc = (n_{XY} / n_X * n_Y)$$

Donde Nc es el valor de intercambio o de recapturas entre zonas, n_{XY} es igual al número de recapturas entre las zonas X y Y. El valor de n_X representa el número total de individuos identificados en la zona 1 y n_Y es el número total de individuos identificados en la zona 2.

RESULTADOS.

El presente trabajo resume 18 años de muestreo de varios grupos de trabajo pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Estatal de Humboldt (HSU), Universidad de Michigan (MSU), Universidad de Cornell (CU) y Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), realizados entre 1986 y el 2006 en los cuales se realizaron más de 6638 horas de navegaciones divididas entre 786 días. Este número no es del todo preciso debido a la falta de algunos registros así como a la carencia de algunos datos de esfuerzo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Esfuerzo de navegación y fotoidentificación de ballenas jorobadas en la Isla Socorro.

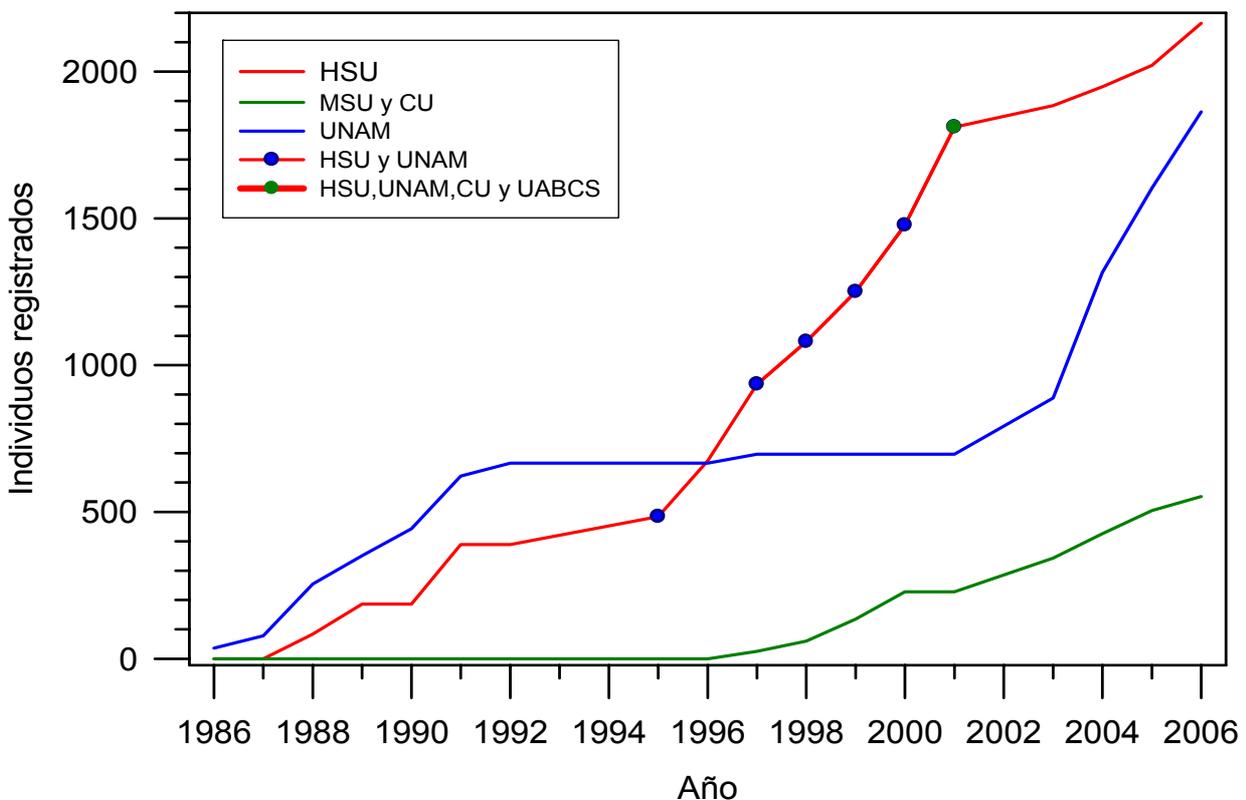
| Año | Días navegados | Tiempo navegado (Hora:min.) | Individuos identificados | Nuevos Individuos | Instituciones participantes |
|--------------|----------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1986 | 22 | 63:42 | 30 | 30 | UNAM |
| 1987 | 19 | 74:08 | 43 | 38 | HSU, UNAM |
| 1988 | 31 | 173:27 | 78 | 66 | HSU, UNAM |
| 1989 | 37 | 257:44 | 120 | 97 | HSU, UNAM |
| 1990 | 35 | 230:42 | 60 | 37 | HSU, UNAM |
| 1991 | 29 | 217:52 | 234 | 160 | HSU, UNAM |
| 1992 | 13 | 77:04 | 33 | 22 | HSU, UNAM, UABCS |
| 1995 | 22 | 141:57 | 95 | 47 | HSU, UNAM |
| 1996 | 52 | 321:37 | 190 | 114 | HSU |
| 1997 | 67 | 623:12 | 286 | 151 | HSU, UNAM |
| 1998 | 69-12 | 722:18 | 180 | 81 | HSU, UNAM |
| 1999 | 63-43 | 647:54 | 245 | 90 | HSU, UNAM |
| 2000 | 65-45 | 815:42 | 320 | 127 | HSU, UNAM, MSU |
| 2001 | 53 | 728:06 | 334 | 130 | HSU, UNAM, MSU, UABCS |
| 2003 | 41 | 262:15 | 244 | 106 | HSU, UNAM, CU, UABCS |
| 2004 | 69 | 518:30 | 351 | 164 | HSU, UNAM, CU |
| 2005 | 51 | 420:33 | 267 | 104 | HSU, UNAM, CU |
| 2006 | 48 | 341:22 | 304 | 114 | HSU, UNAM, CU |
| Total | 786 | 6638:05 | 3434 | 1678 | |

Esfuerzo de fotoidentificación.

Parte de estos datos fueron obtenidos por Jeffrey Knud Jacobsen y Andrea Erin Falcone (HSU), aportando a este trabajo 2165 identificaciones, mientras que Salvatore Cerchio y Danielle Cholewiak (MSU y CU) aportaron 553 identificaciones.

Las identificaciones registradas por el Grupo de Mastozoología Marina de la UNAM, fueron 1863. El total de identificaciones no corresponde a la sumatoria de las identificaciones obtenidas por los tres grupos debido a que en varias ocasiones dos grupos identificaron al mismo individuo en una misma fecha.

Las identificaciones obtenidas por los investigadores de la Universidad de Humboldt de 1997 a 2001 fueron registradas con colaboración del Grupo de Mastozoología Marina de la UNAM al igual que las identificaciones del 2001 fueron obtenidas con ayuda de investigadores de la Universidad de Cornell y de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (Gráfica 1).



Gráfica 1. Registros fotográficos obtenidos por cada grupo de trabajo a lo largo del muestreo. (UNAM- Universidad Nacional Autónoma de México, HSU- Humboldt State University, MSU- Michigan State University, CU- Cornell University, UABCS- Universidad Autónoma de Baja California Sur).

Al hacer la comparación de las 450 fotografías del catálogo de la UNAM de 1986 a 1992 con las obtenidas por J. Jacobsen, A. E. Falcone, S. Cerchio, D. Cholewiak y todas las obtenidas por el Grupo de Mastozoología Marina de la UNAM a lo largo de los últimos años, se encontraron 95 casos del mismo individuo con números de catálogo diferentes, es decir que a un solo individuo por error en la identificación, o por ser identificado en dos zonas de congregación invernal se le asignaron dos números diferentes, sin embargo al ser detectado esto, el individuos únicamente se queda con el primer número que se le haya asignado, es decir el más antiguo.

Área de muestreo.

De acuerdo a los transectos realizados entre 2003 y 2006 se estimó una distancia navegada total de 3323.5 millas náuticas en un tiempo de 1540.6 horas y extrapolando con el total de horas de esfuerzo a lo largo de los 18 años de muestreo, se obtuvo una distancia de 14,301.07 millas náuticas (26,520 Km.) navegadas entre 1986 a 2006 y un promedio de velocidad de navegación de 2.15 nudos (3.99 Km. / hora).

Para las navegaciones realizadas entre los meses de enero y abril de los años 2003 a 2006 los transectos realizados muestran que en el 2003 el muestreo estuvo sesgado al lado sur de la isla (zonas 1 y 4), debido a las condiciones climáticas de la isla, principalmente a los fuertes vientos provenientes del norte. (figura 10).

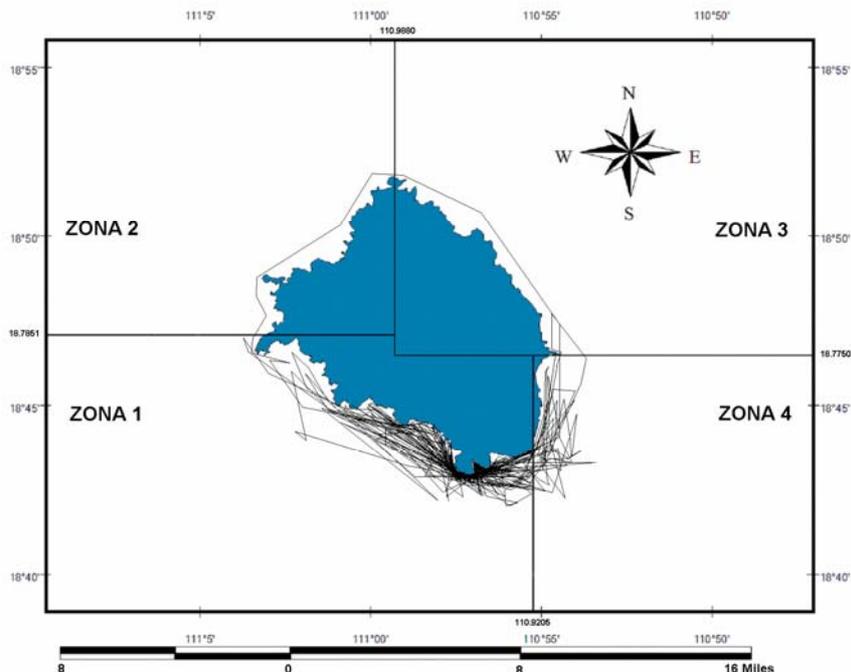


Figura 10. Transectos realizados en el año 2003 en la Isla Socorro.

En el 2003 se navegó una distancia de 565.01 millas náuticas en un tiempo de 262.25 horas obteniendo un promedio de velocidad de navegación de 2.15 nudos (3.99 Km./ Hora).

Del 2004 al 2006 la distribución de las navegaciones alrededor de la isla, fue más homogénea. Para 2004 la distancia navegada fue de 1117.92 en 518.5 horas (figura 11). En este año el número de grabaciones de machos cantores fue mayor y se observó un mayor número de individuos en agrupaciones grandes.

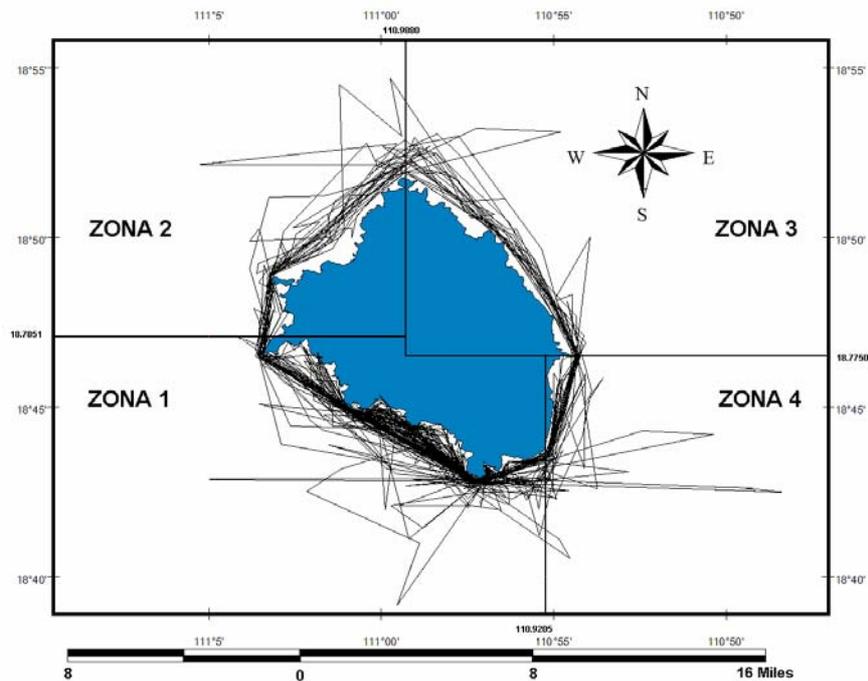


Figura 11. Transectos realizados en el año 2004 en la Isla Socorro.

En el año 2005, la distancia navegada fue de 906.06 millas náuticas en un tiempo de 420.55 horas. En este año se pudo observar que el número de individuos identificados se redujo en comparación con el 2004, generando un mayor tiempo de búsqueda de agrupaciones. Esto se debió primero a un menor número de días muestreado y en segundo lugar a un menor tiempo de esfuerzo realizado (figura 12).

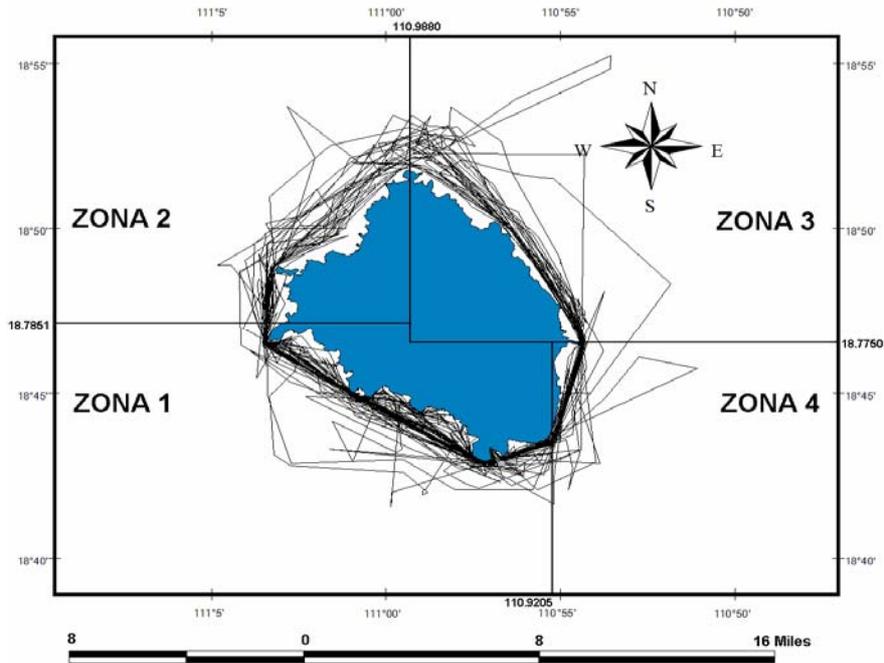


Figura 12. Transectos realizados en el año 2005 en la Isla Socorro.

Para el año 2006, la distancia navegada fue de 735.45 millas náuticas en un periodo relativamente corto de 341.3 horas. Este muestreo se caracterizó por la ausencia de tiempos de grabación y el reducido número de individuos observados cerca de la Isla Socorro (figura 13).

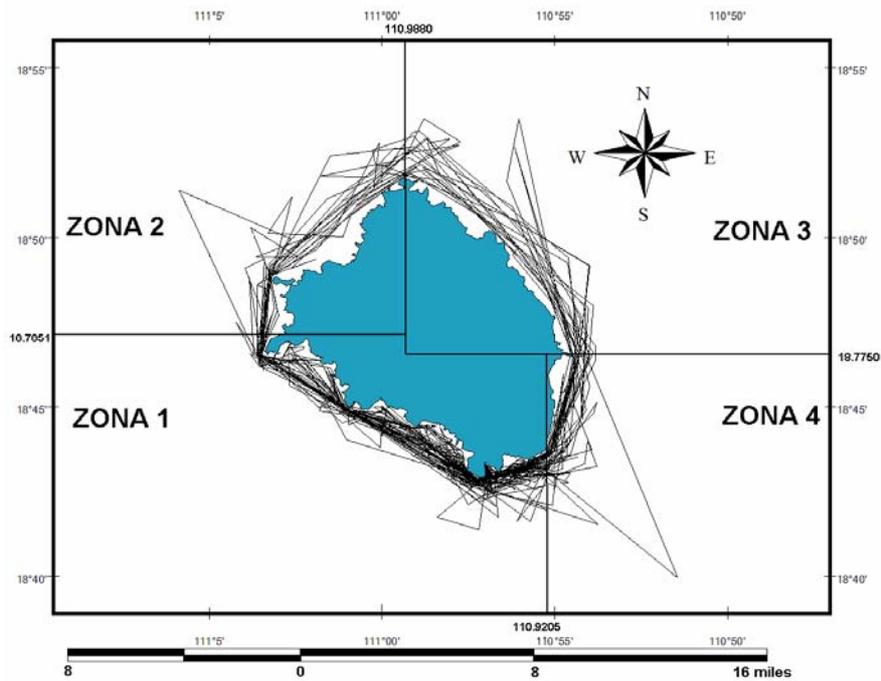


Figura 13. Transectos realizados en el año 2006 en la Isla Socorro.

Al trazar juntos todos los transectos realizados entre 2003 y 2006 podemos observar las tendencias en el muestreo (figura 14). La zona 1 fue la más transitada, mientras que las otras tres zonas tuvieron un muestreo más homogéneo de acuerdo al tamaño de las zonas (cuadro 2).

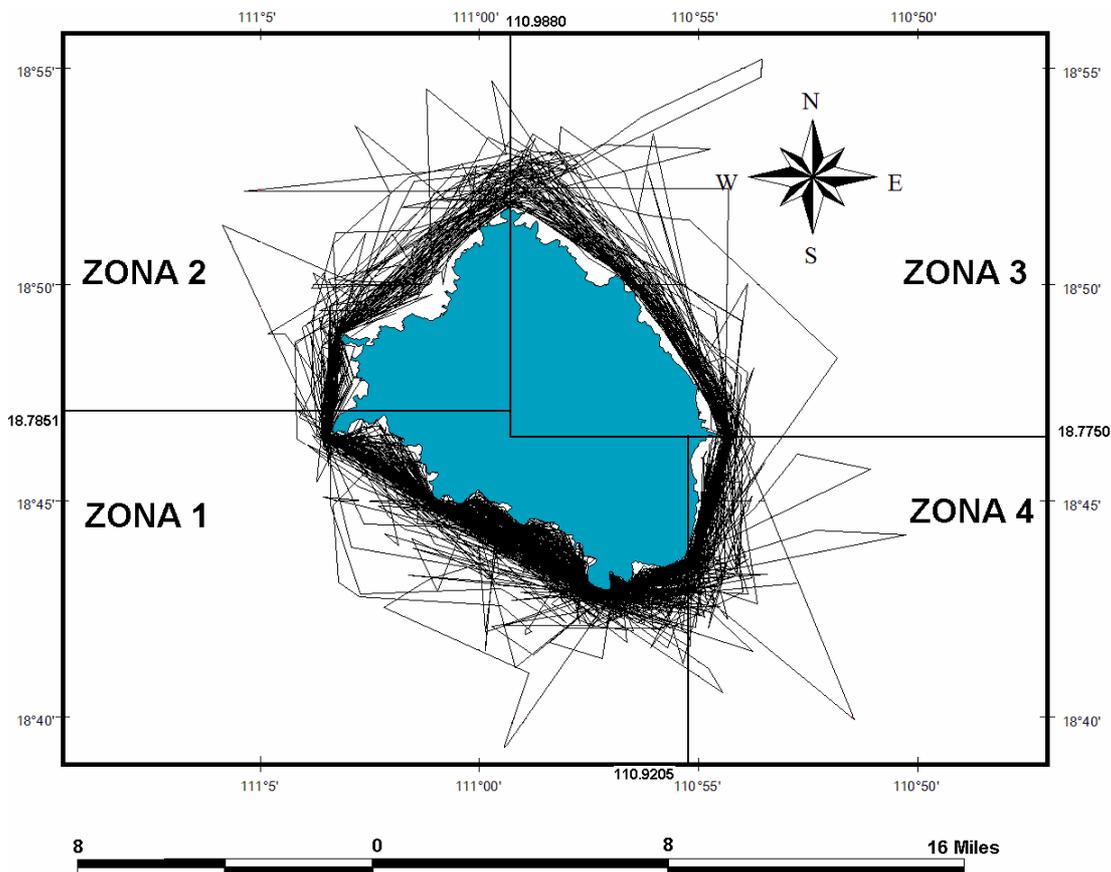


Figura 14. Acumulación de transectos realizados entre 2003 y 2006.

Cuadro 2. Distribución de la distancia navegada por zonas entre 2003 y 2006.

| | zona 1 | zona 2 | zona 3 | zona 4 | Total |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Latitud Norte | <18.7851 | >18.7851 | >18.7750 | <18.7750 | |
| Longitud Oeste | >110.9205 | >110.9880 | <110.9880 | <110.9205 | |
| Navegación (mn) | 2304.21 | 478.72 | 540.56 | 425.02 | 3748.51 |
| % de (mn) | 61.47 | 12.77 | 14.42 | 11.33 | 100 |

Distribución de las agrupaciones por zonas (2003 a 2006).

Los avistamientos registrados para todos los tipos de agrupaciones de ballenas alrededor de la Isla Socorro fueron mayores en la parte sur, esto se debió a que el tiempo de muestreo en esta zona fue de dos tercios del total. Sin embargo para poder evaluar de manera objetiva la distribución de las agrupaciones alrededor de la isla Socorro, se decidió dividir en zonas a la isla y estimar la abundancia relativa de las agrupaciones por milla náutica navegada por zona. Es importante señalar que la sectorización de la isla no se hizo en zonas divididas proporcionalmente, sino en zonas con características similares (corrientes, vientos).

Para conocer la distribución de los diferentes tipos de agrupaciones, se conjuntaron todos los avistamientos registrados entre 2003 y 2006 por zonas y sin separación entre años (cuadro 3).

Cuadro 3. Abundancia relativa por zonas de los 5 tipos de agrupaciones del 2003 al 2006.

| | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 | Total |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Navegación (mn) | 2304.21 | 478.72 | 540.55 | 425.02 | 3748.51 |
| Número de registros por zona | | | | | |
| Solitario | 91 | 35 | 21 | 22 | 147 |
| Cantor | 40 | 6 | 6 | 8 | 52 |
| Parejas | 115 | 47 | 27 | 26 | 189 |
| Hembra con cría | 223 | 41 | 31 | 26 | 295 |
| Grupo de competencia | 94 | 52 | 36 | 27 | 182 |
| Abundancia relativa por agrupación / mn | | | | | |
| Solitario / mn | 0.039 | 0.073 | 0.038 | 0.051 | 0.044 |
| Cantor / mn | 0.017 | 0.012 | 0.011 | 0.018 | 0.015 |
| Parejas / mn | 0.049 | 0.098 | 0.049 | 0.061 | 0.056 |
| Hembra con cría / mn | 0.096 | 0.085 | 0.057 | 0.061 | 0.088 |
| Grupo de competencia / mn | 0.040 | 0.108 | 0.066 | 0.063 | 0.054 |

Solitarios.

Los individuos solitarios fueron observados con mayor frecuencia en la zona 1 (91 individuos), esto se debió a un muestreo sesgado hacia esta zona, sin embargo la abundancia relativa muestra una distribución mayor en la zona 2 (0.073 individuos solitarios por milla náutica navegada (figura 15).

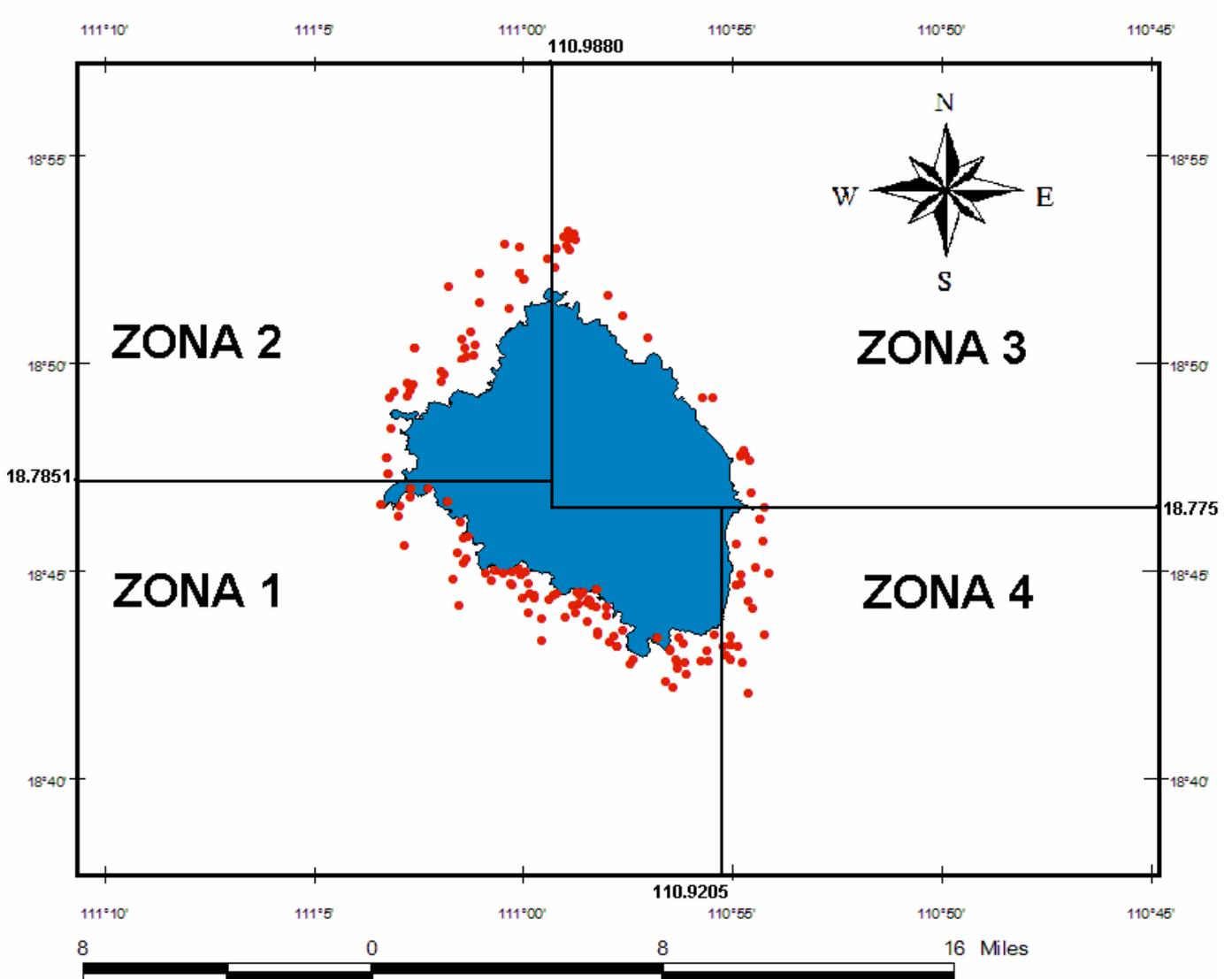


Figura 15. Distribución de los individuos solitarios entre 2003 y 2006 en la Isla Socorro.

Cantores.

Los machos cantores se observaron más en la zona 1 de la isla (40 individuos), sin embargo, la abundancia absoluta es ligeramente mayor en la zona 4 que en la zona 1 (0.018 y 0.017 individuos por milla náutica respectivamente), lo que refleja una distribución sureña de este tipo de agrupación (figura 16).

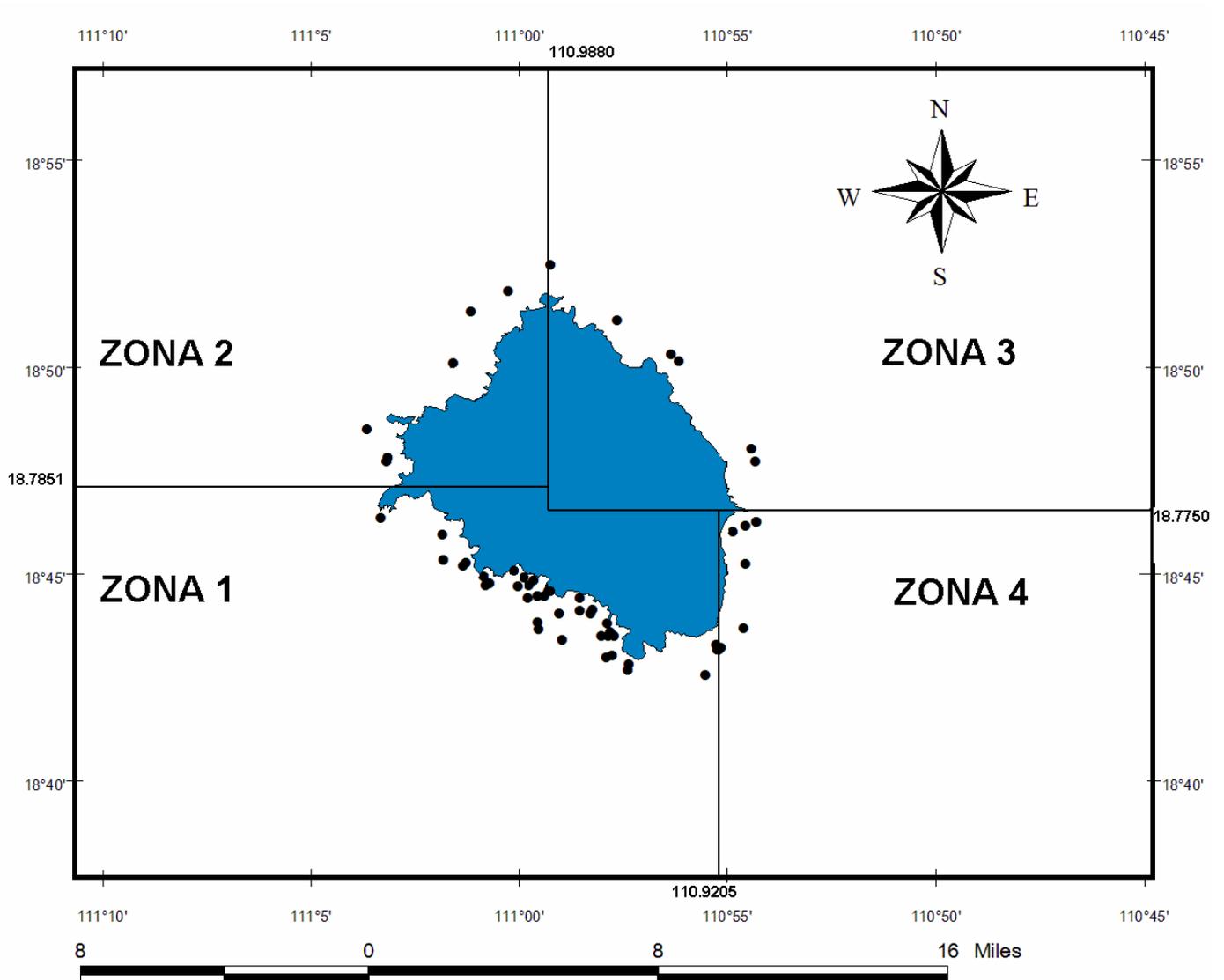


Figura 16. Distribución de los machos cantores entre 2003 y 2006 en la Isla Socorro.

Parejas.

Las parejas de ballenas jorobadas al igual que los individuos solitarios se observaron en mayor número en la zona 1 de la isla (115 parejas), pero su abundancia relativa fue mucho mayor en la zona 2 (0.098 parejas por milla náutica) siendo del doble que en la zonas 1 y 3. Cabe mencionar que en este trabajo no se realizó la identificación del sexo de los individuos en estas agrupaciones. (figura 17).

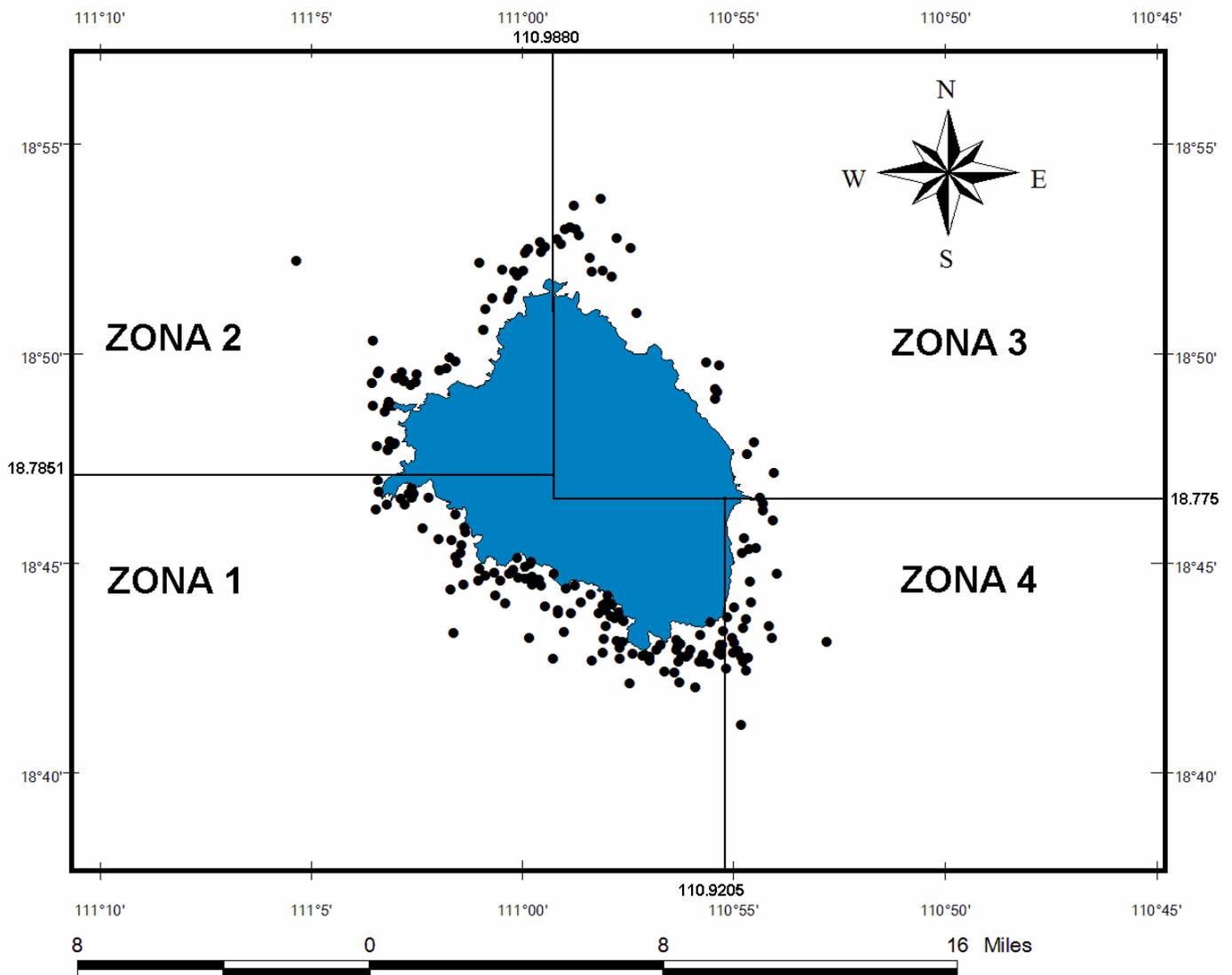


Figura 17. Distribución de parejas entre 2003 y 2006 en la Isla Socorro.

Hembras con crías.

Las agrupaciones de Hembras con crías, se encuentran conformadas por tres tipos de grupos; las Hembras con una cría, las hembras con cría y escolta y los grupos de competencia que incluyen a una madre y su cría. Este tipo de agrupación está distribuida principalmente en la parte sur de la isla, en la zona 1 (223 agrupaciones de madres con cría) esto está evidenciado por la mayor abundancia relativa de esta zona (0.96 madres con cría por milla náutica). Esto se debe a que las condiciones de la parte sur son más favorables (menor viento del norte, mayor número de bahías y aparentemente mayor extensión de la plataforma continental) que en la parte norte (figura 18). En este tipo de agrupación se puede observar la mayor tendencia a distribuirse muy cerca de la isla, inclusive a unos pocos metros.

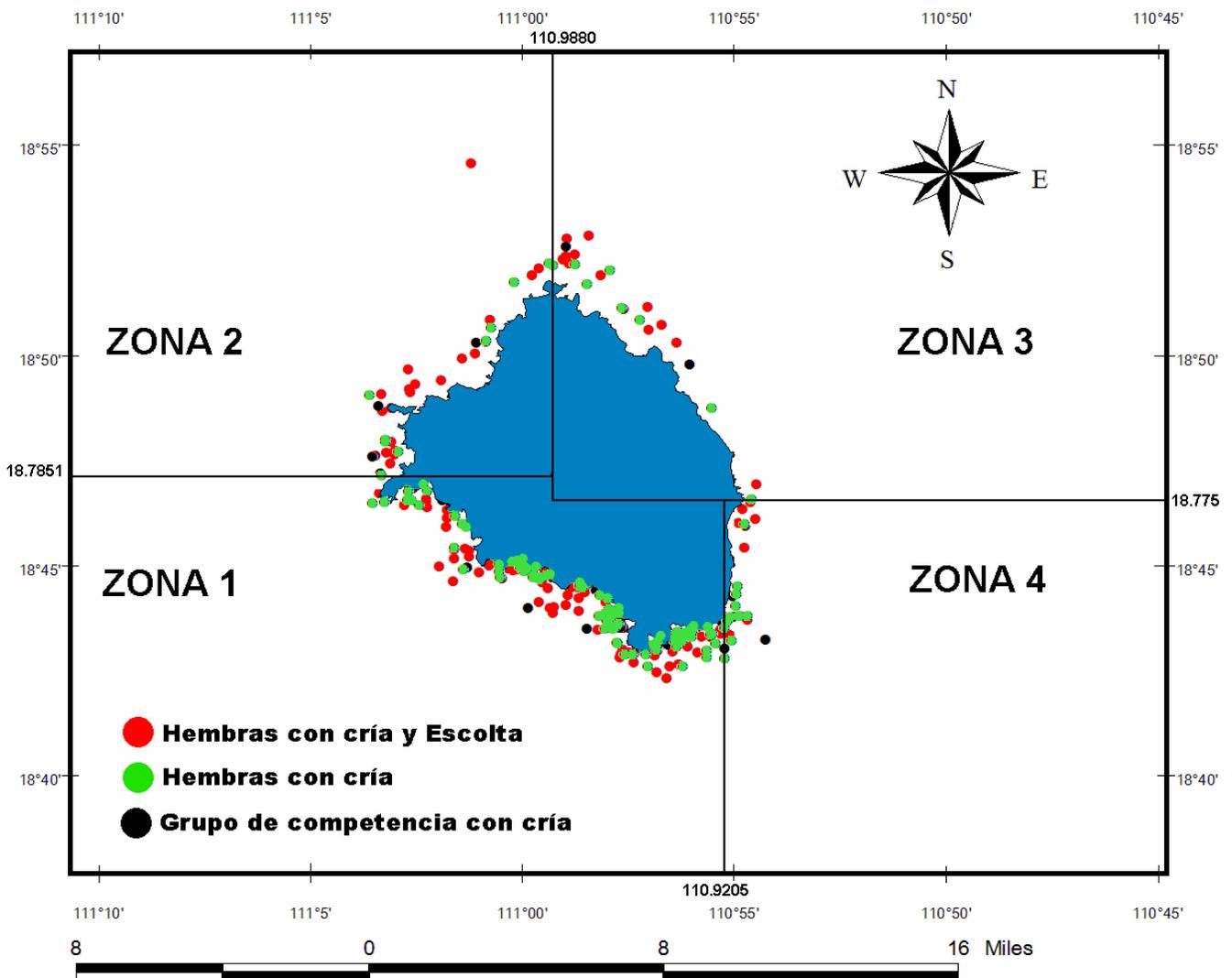


Figura 18. Distribución de Hembras con cría entre 2003 y 2006 en la Isla Socorro.

Grupos de competencia.

Los grupos de competencia o grupos mayores a tres individuos se observaron con mayor frecuencia en la zona 1 de la isla (94 agrupaciones), pero su abundancia relativa fue mayor en la zona 2 (0.108 agrupaciones por milla náutica). La distribución de este tipo de agrupaciones ha variado intranualmente, en el 2003 todos los grupos de competencia se observaron en la parte sur de la isla debido al sesgo del muestreo, mientras que en 2004, se observó que la mayoría de los grupos de competencia se formaban del lado norte de la isla (entre la zonas 2 y 3). Es importante mencionar que en este tipo de grupos el desplazamiento es mayor y en un avistamiento se puede seguir a una agrupación por varias horas y a lo largo de trayectos muy extensos (figura 19).

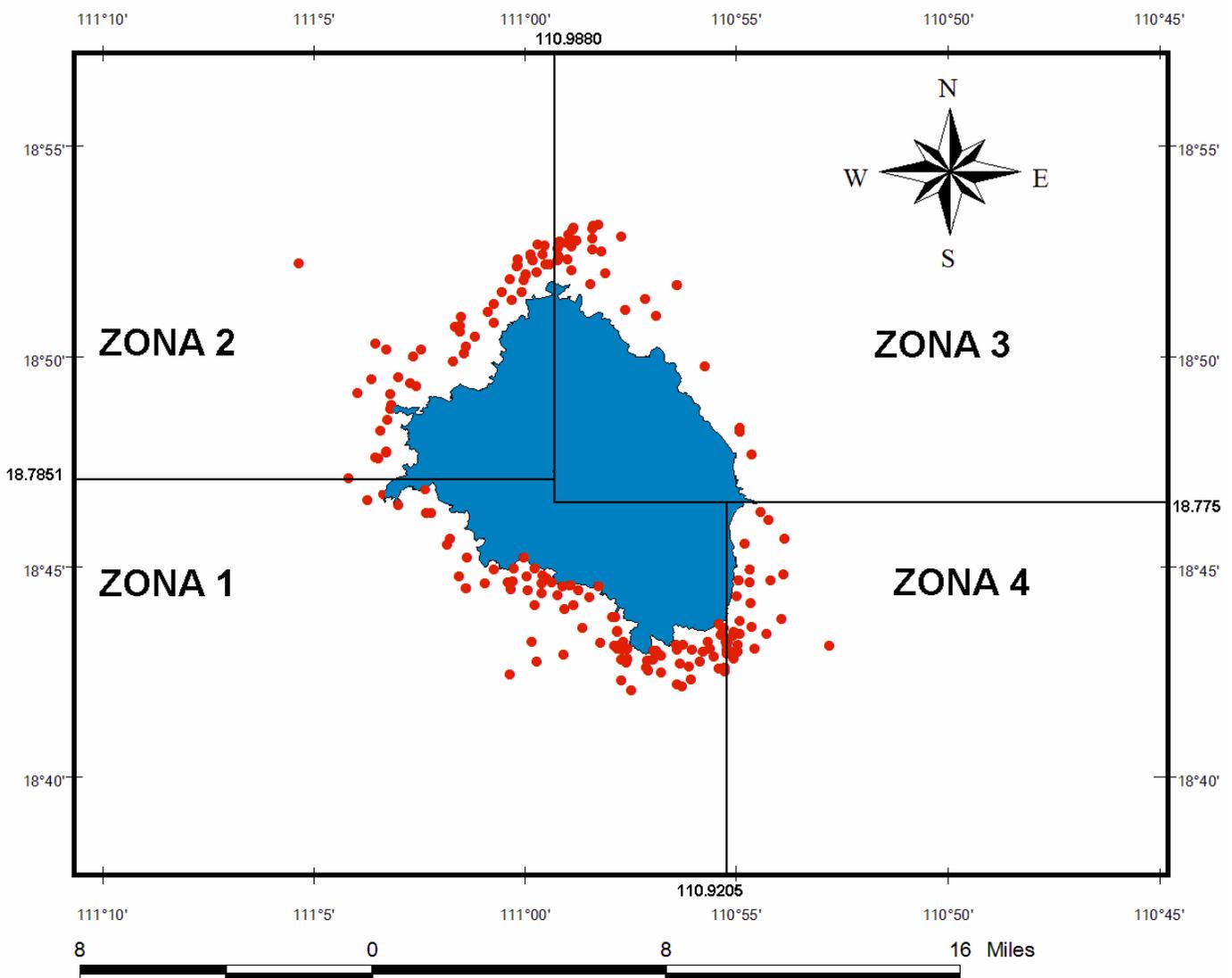
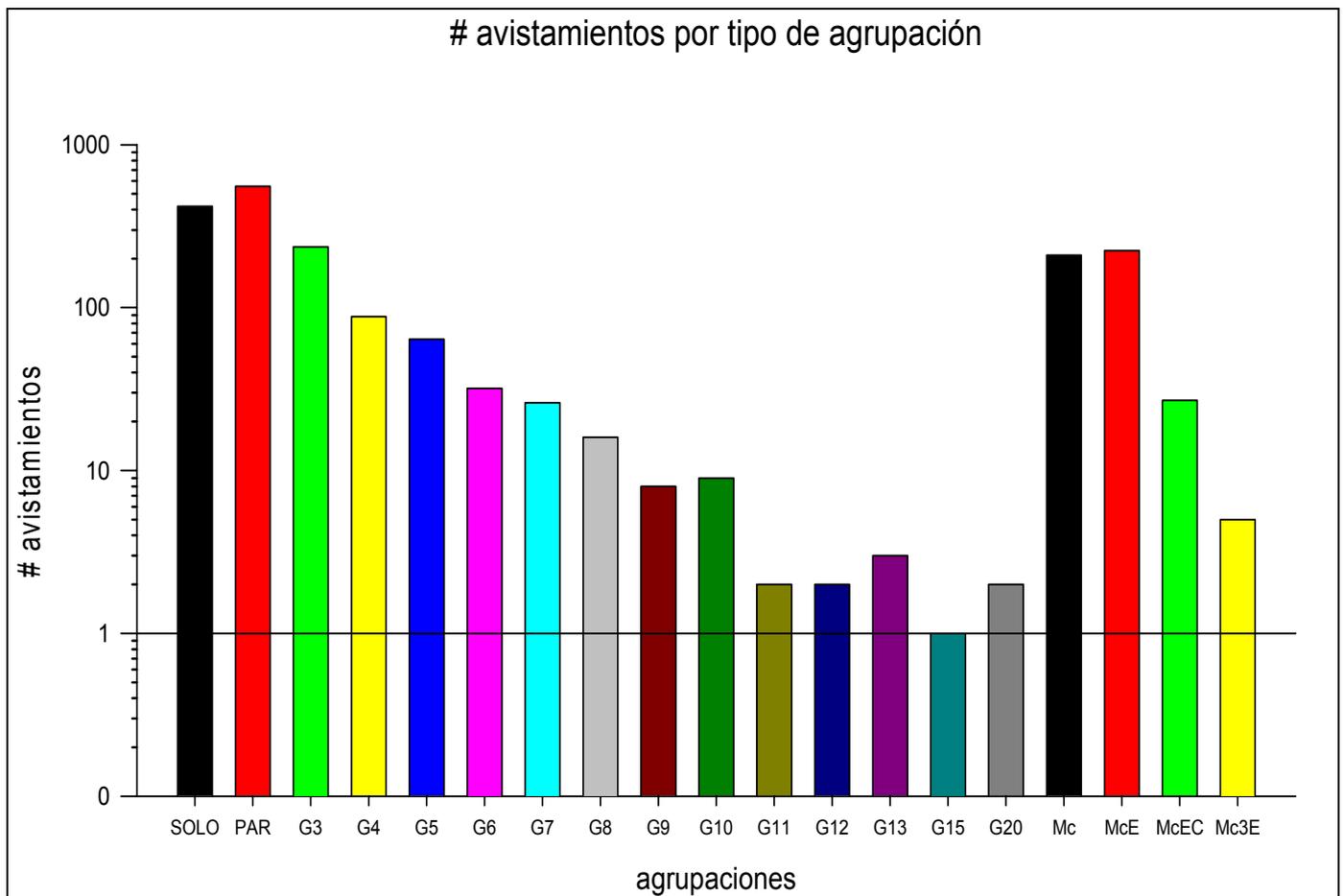


Figura 19. Distribución de grupos de competencia entre 2003 y 2006 en la Isla Socorro.

Distribución de los tipos de agrupaciones.

De acuerdo a los 4922 individuos registrados en 1931 avistamientos en 13 años, se encontró que los grupos que tienen de uno a tres individuos son los más abundantes (85.2%), así como los grupos de madres con cría y madres con cría y escolta. Mientras que los grupos de 4 a 20 individuos únicamente representan el 14.8 %, por lo que en general se puede afirmar que las agrupaciones más numerosas son menos abundantes. El promedio de animales por grupo registrado es de 2.54 ballenas por avistamiento (Gráfica 2).



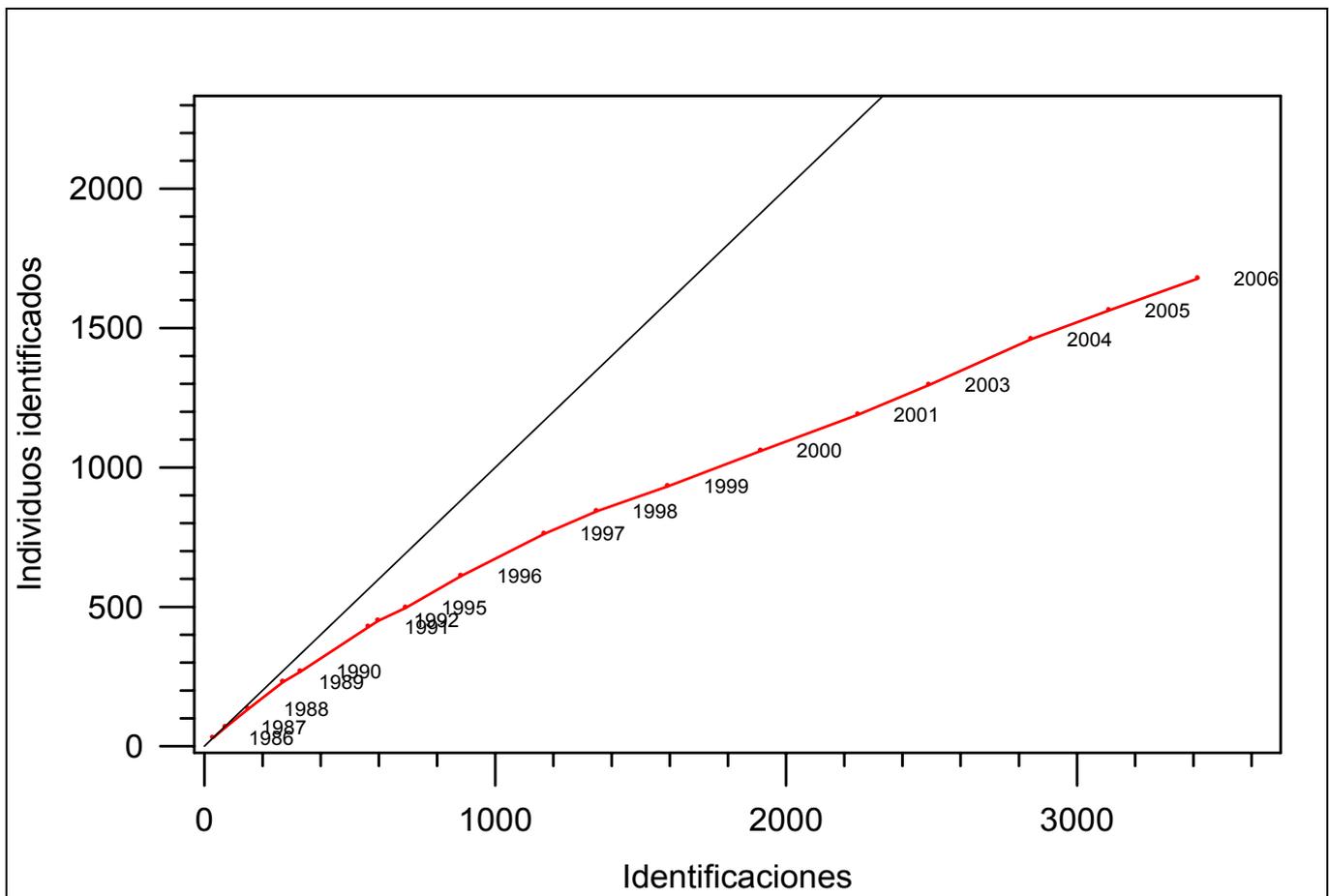
- Solo - Individuo solitario
- Par - Pareja de Individuos
- G - Grupo de individuos
- Mc - Madre con cría
- McE - Madre con cría y Escolta
- McEC - Madre con cría, Escolta y Competidor
- Mc3E - Madre con cría y 3 Escoltas

Gráfica 2. Distribución de tipo de agrupaciones con respecto al número de individuos por agrupación.

ESTIMACIÓN POBLACIONAL.

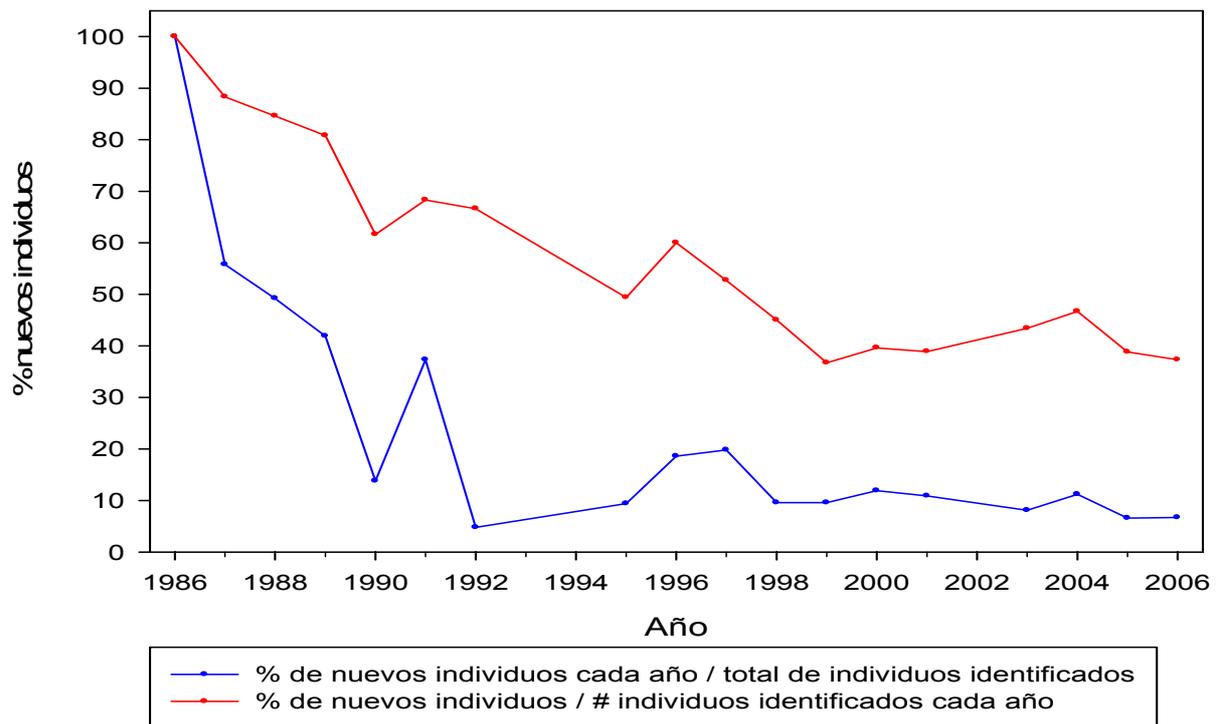
Tasa de aparición de nuevos individuos.

Durante los 18 años muestreados entre 1986 y 2006 en la Isla Socorro y los 6 años muestreados entre 1997 y 2006 en la Isla Clarión, se obtuvieron 3434 identificaciones. Después de hacer una revisión de todas las identificaciones entre sí, se registró un total de 1704 individuos pero, debido a que 26 de los registros fotográficos no tenían calidad ni puntos de comparación con los demás registros, se decidió eliminarlos quedando de esta forma 1678 individuos diferentes. (Gráfica 3).



Gráfica 3. Curva de aparición de nuevos individuos. (La línea de color negro de pendiente 1 indica que el número de individuos identificados es igual al número de identificaciones realizadas, mientras que la curva de color rojo muestra que en la medida en que en las fotoidentificaciones no aparezcan nuevos individuos, la gráfica tenderá a tomar el valor de Y, que será entonces el tamaño real de la población).

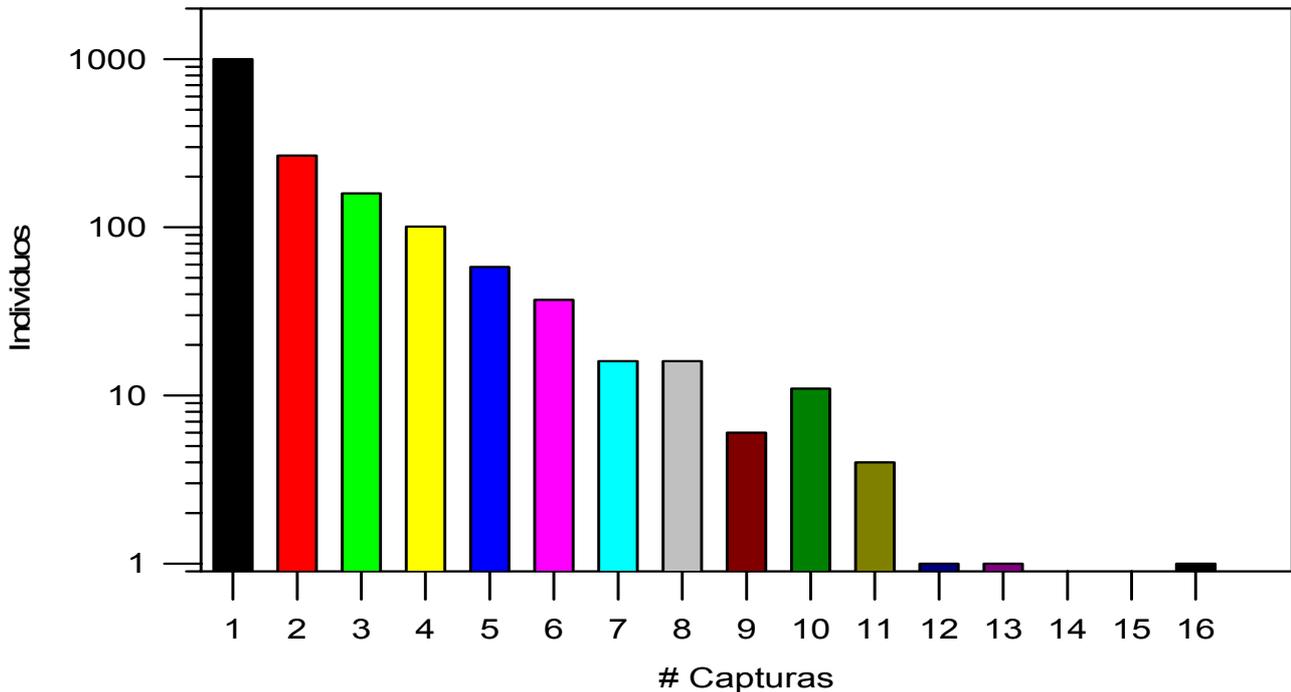
Al analizar el porcentaje de aparición de nuevos individuos encontrados cada año con respecto a la sumatoria total de individuos registrados hasta ese año, el resultado va de 55.8% a 4.8% con un promedio de 19.18% de nuevos individuos cada año y al analizar el porcentaje de aparición de nuevos individuos encontrados cada año con respecto al número total de individuos de ese año, los valores van de 88.3% a 36.7%, con un promedio de 55.2% de individuos nuevos por año (Gráfica 4).



Gráfica 4. Porcentaje de aparición de nuevos individuos con respecto al número total y parcial de individuos por año.

Distribución del número de capturas.

Los 1678 individuos catalogados se dividieron en 16 categorías de recaptura anual. La distribución del número de capturas obtenida muestra que casi el 60% de los individuos identificados sólo tienen una captura lo que puede estar dado por el tamaño poblacional y también por la heterogeneidad en la marcabilidad. El restante 40% de los individuos identificados presentan una filopatría en mayor o menor grado, ya que el 35% tienen de 2 a 5 recapturas, el 4.5% tienen de 6 a 9 recapturas y apenas el 1% tiene de 10 a 16 recapturas (gráfica 5).



Gráfica 5. Distribución del número de capturas de los 1678 individuos identificados.

La heterogeneidad en la marcabilidad, puede ser de varios tipos como son: heterogeneidad estacional, ya que no todos los individuos llegan o se van del área de estudio al mismo tiempo, es decir, los tiempos de estancia varían.

Heterogeneidad conductual; esto está dado por las diversas conductas que realizan las ballenas, por ejemplo es más fácil observar a una o varias ballenas con despliegues conductuales en superficie, que individuos o grupos que presentan frecuencias respiratorias bajas como los cantores o agrupaciones en reposo. También dentro de la heterogeneidad conductual encontramos a la heterogeneidad sexual la cual está determinada por el tipo de apareamiento de estas ballenas que es una poliginia (Perry, *et al.*, 1990) lo que implica que al haber una competencia física entre los machos, es más fácil observar un mayor número de machos en un grupo de competencia, que observar parejas de un macho y una hembra. Sin embargo, la principal heterogeneidad en la marcabilidad puede estar dada por dos factores, el primero de ellos es que en ocasiones los periodos de muestreo no abarcaron todo el tiempo de estancia invernal de las ballenas y el segundo es que, como ya se ha observado, existe migración de

animales de una zona de congregación invernal a otra en el mismo año o en ocasiones cambian de destino migratorio en diferentes años (Urbán *et al.* 1999).

Al utilizar el programa *fidfid* 3.2, modulando la heterogeneidad en la marcabilidad y haciendo simulaciones de crecimiento poblacional, se obtuvieron los siguientes resultados. (Cuadro 4 y 5).

Cuadro 4. Valores simulados obtenidos para los tres estimadores analizados por *fidfid* 3.2.

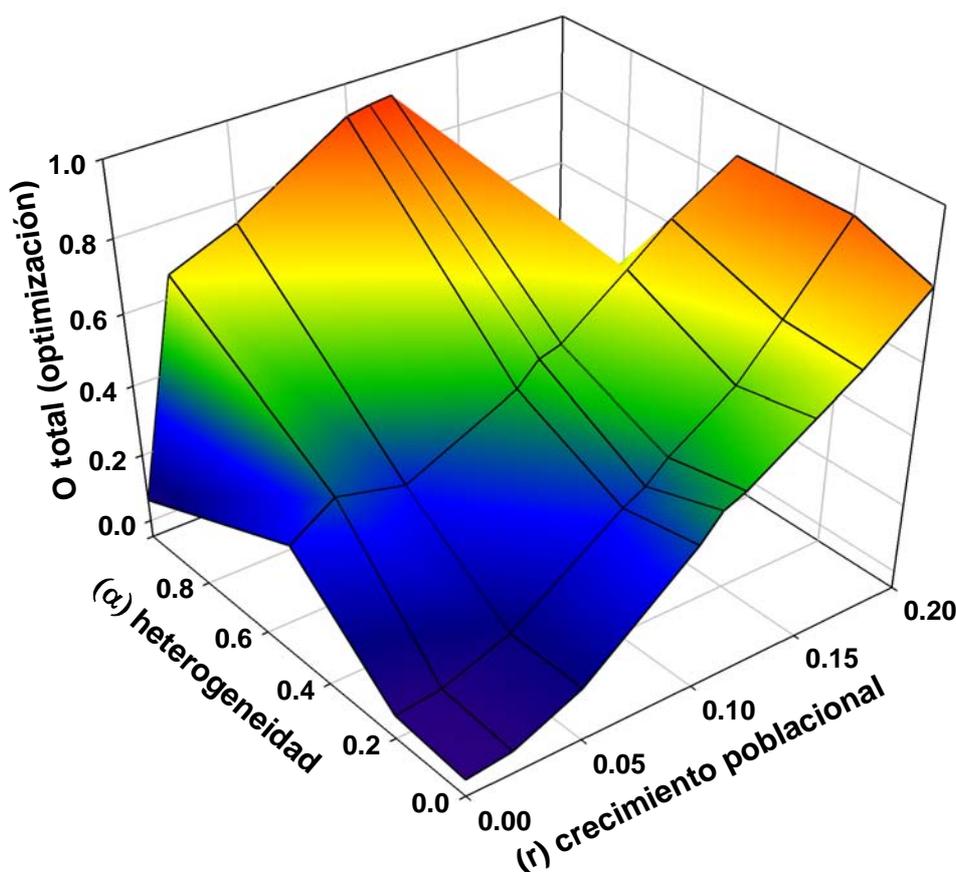
| Tasa de crecimiento | Alfa | Pet S | Error Pet S | Dist capt Sim | Difsq Dc S | # ind dif sim | Difsq Idi S | Cons D/In Sim | Difsq Cons S | Cong. Dc-Idi s | Ototal |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|
| 0.00 | 0.00 | 1883 | 57 | 2750 | 9055.55 | 1700 | 7925.46 | 1900 | 28690.57 | 0.5281 | 0.0000 |
| 0.00 | 0.20 | 1928 | 61 | 2800 | 7216.63 | 1800 | 7082.02 | 2000 | 23523.90 | 0.5652 | 0.0192 |
| 0.00 | 0.50 | 2020 | 71 | 3000 | 2716.38 | 2100 | 3873.30 | 2400 | 10827.87 | 0.6471 | 0.2835 |
| 0.00 | 1.00 | 1917 | 62 | 2700 | 7129.57 | 1900 | 4520.68 | 2000 | 18211.07 | 0.6522 | 0.0633 |
| 0.02 | 0.00 | 1859 | 56 | 2850 | 7996.93 | 1950 | 7484.22 | 2100 | 25221.44 | 0.6250 | 0.0163 |
| 0.02 | 0.20 | 1879 | 58 | 3000 | 6740.90 | 1900 | 7114.69 | 2100 | 22555.06 | 0.5510 | 0.0344 |
| 0.02 | 0.50 | 1939 | 66 | 3500 | 2007.47 | 2500 | 3934.22 | 2700 | 9381.242 | 0.6667 | 0.3647 |
| 0.02 | 1.00 | 1976 | 73 | 3000 | 1693.71 | 2700 | 1350.02 | 2700 | 3689.441 | 0.8947 | 0.6618 |
| 0.05 | 0.00 | 1912 | 61 | 3550 | 6132.88 | 2300 | 6635.60 | 2600 | 19947.64 | 0.5726 | 0.1038 |
| 0.05 | 0.20 | 1859 | 58 | 3400 | 5692.79 | 2200 | 6407.49 | 2400 | 19876.61 | 0.5714 | 0.1054 |
| 0.05 | 0.50 | 1908 | 63 | 3500 | 2799.91 | 2500 | 4309.20 | 2700 | 11475.24 | 0.6667 | 0.3181 |
| 0.05 | 1.00 | 2045 | 78 | 3200 | 1192.31 | 2900 | 1081.63 | 3000 | 2613.573 | 0.9016 | 0.7356 |
| 0.10 | 0.00 | 1846 | 59 | 4700 | 2996.66 | 3300 | 4726.15 | 3450 | 11523.74 | 0.6500 | 0.3631 |
| 0.10 | 0.20 | 1870 | 60 | 4800 | 3481.56 | 3300 | 5204.56 | 3500 | 12988.36 | 0.6296 | 0.3249 |
| 0.10 | 0.50 | 1941 | 66 | 4700 | 2132.16 | 3500 | 3999.93 | 3800 | 9163.415 | 0.7073 | 0.4604 |
| 0.10 | 1.00 | 2021 | 78 | 3500 | 527.395 | 3500 | 638.219 | 3500 | 1165.614 | 1.0000 | 0.9169 |
| 0.11 | 0.00 | 1863 | 61 | 4800 | 2434.75 | 3550 | 4508.21 | 3700 | 10110.77 | 0.7006 | 0.4312 |
| 0.11 | 0.20 | 1838 | 59 | 5100 | 3033.64 | 3500 | 4914.14 | 3700 | 11749.85 | 0.6279 | 0.3595 |
| 0.11 | 0.50 | 1935 | 66 | 5100 | 1873.88 | 3900 | 3687.53 | 4100 | 8497.117 | 0.7333 | 0.5194 |
| 0.11 | 1.00 | 2044 | 81 | 3600 | 467.451 | 3600 | 567.634 | 3600 | 1035.084 | 1.0000 | 0.9281 |
| 0.12 | 0.00 | 1898 | 63 | 5300 | 1924.84 | 3800 | 4126.03 | 4050 | 8708.676 | 0.6703 | 0.4575 |
| 0.12 | 0.20 | 1859 | 60 | 5600 | 2466.11 | 3900 | 4634.21 | 4100 | 10438.95 | 0.6421 | 0.4145 |
| 0.12 | 0.50 | 1905 | 65 | 5600 | 1617.13 | 4200 | 3443.03 | 4400 | 7626.655 | 0.7143 | 0.5371 |
| 0.12 | 1.00 | 2050 | 81 | 3800 | 450.447 | 3800 | 536.99 | 3800 | 987.436 | 1.0000 | 0.9348 |
| 0.15 | 0.00 | 1906 | 66 | 6550 | 826.334 | 4800 | 3043.27 | 4950 | 5576.401 | 0.6916 | 0.5747 |
| 0.15 | 0.20 | 1917 | 66 | 7300 | 1297.54 | 5200 | 3593.6 | 5500 | 6932.251 | 0.6640 | 0.5350 |
| 0.15 | 0.50 | 1960 | 69 | 7000 | 843.894 | 5600 | 2730.07 | 5900 | 5197.931 | 0.7778 | 0.6709 |
| 0.17 | 0.00 | 1918 | 68 | 7200 | 461.003 | 5500 | 2353.89 | 5650 | 3941.254 | 0.7323 | 0.6521 |
| 0.17 | 0.20 | 1906 | 66 | 8000 | 794.701 | 6300 | 2944.27 | 6600 | 5207.68 | 0.7622 | 0.6651 |
| 0.17 | 0.50 | 1966 | 71 | 8000 | 443.73 | 6800 | 2293.65 | 7000 | 3680.563 | 0.8378 | 0.7641 |
| 0.20 | 0.00 | 1975 | 73 | 7950 | 387.810 | 6850 | 1573.87 | 7100 | 2458.472 | 0.8514 | 0.7974 |
| 0.20 | 0.20 | 1838 | 64 | 8000 | 1712.90 | 8000 | 2608.69 | 8000 | 4321.602 | 1.0000 | 0.8696 |
| 0.20 | 0.50 | 1815 | 64 | 8000 | 1520.50 | 8000 | 2915.03 | 8000 | 4435.546 | 1.0000 | 0.8686 |

Alfa Heterogeneidad en la marcabilidad.
 Pet S. Petersen simulado.
 Dist Capt Sim. Distribución de capturas simulado.
 Difsq Dc S Diferencia al cuadrado de la distribución de captura simulado.
 # ind dif S Número de individuos diferentes simulados
 Difsq Idi sim Diferencia al cuadrado de los individuos diferentes simulados
 Cons D/In Sim Consenso distribución de capturas simulados / índice de individuos diferente simulados.
 Difsq Cons S Diferencia al cuadrado de Consenso simulado
 Cong Dc-Idi S. Congruencia de la distribución de captura simulado / # de individuos diferentes simulado
 O total Optimización total

Cuadro 5. Valores formulados obtenidos para los tres estimadores analizados por fidfid 3.2.

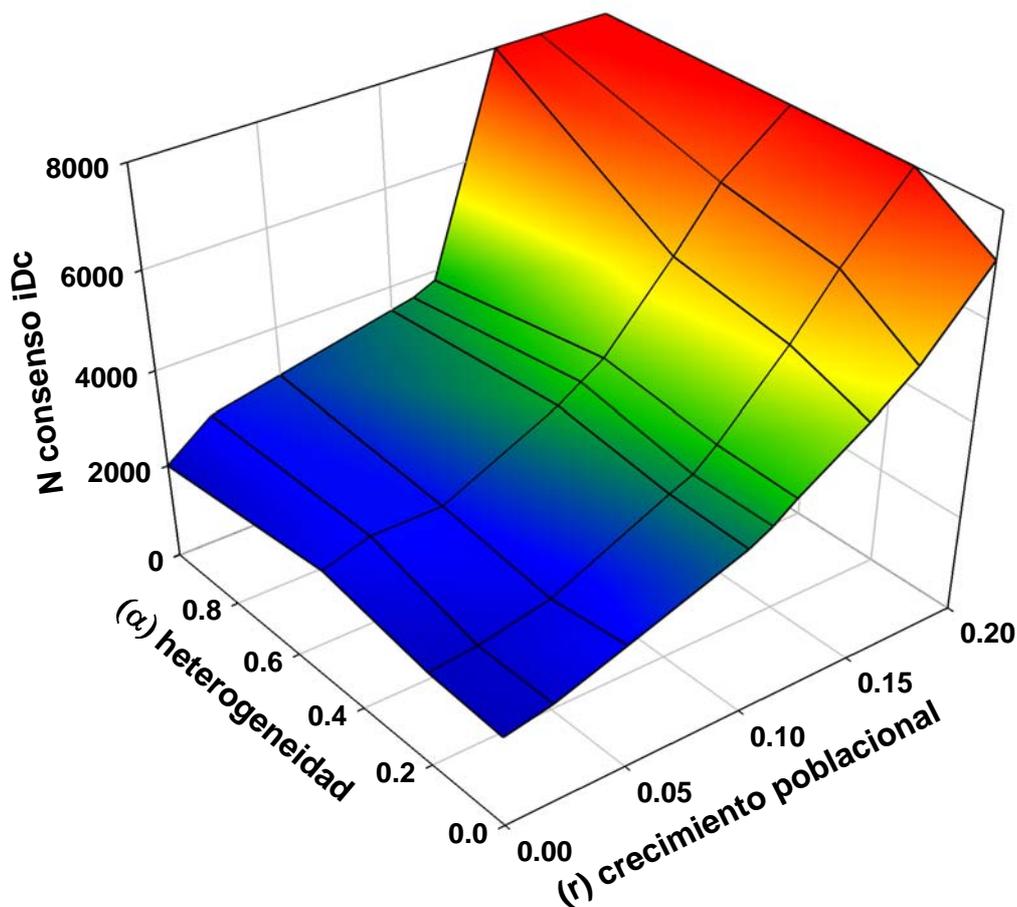
| | N | Difs o Error |
|---|------|--------------|
| Petersen Formulado | 2427 | 120 |
| Distribución de Captura Formulado | 3150 | 1700.973 |
| # de Individuos nuevos diferentes Formulado | 1800 | 6340.174 |
| Consenso D/I F | 1850 | 14226.186 |

Al analizar los valores simulados obtenidos para los tres estimadores, la congruencia entre la distribución de captura simulada y el número de individuos diferentes simulados es la más alta (1.00) para los valores de crecimiento poblacional del 10 al 12 % y para valores de heterogeneidad en la marcabilidad de 1. (Gráfica 6). En esta gráfica también se puede observar la alternativa que indica un crecimiento poblacional del 17 % con homogeneidad en el marcaje pero debido a que la tasa de nacimientos para este valor es muy alta y la heterogeneidad en el marcaje no es plausible, se decidió considerar a esta alternativa como menos probable.



Gráfica 6. Estimación del crecimiento poblacional valorando distintos grados de heterogeneidad (α).

La estimación poblacional obtenida con la modificación de Bailey (1951) al estimador fundamental de Petersen da como resultado un total de 2427 individuos, con un error de 120, mientras que el programa fdfid muestra que de acuerdo a los valores más altos de optimización entre los estimadores, el porcentaje de crecimiento poblacional va del 10 al 12 % y presenta una heterogeneidad en la marcabilidad, de acuerdo a estos valores, la estimación poblacional da como resultado de 3500 a 3800 individuos en la población (Gráfica 7).



Gráfica 7. Tamaño poblacional determinado por el porcentaje de crecimiento poblacional (10 a 12 %) y una heterogeneidad en la marcabilidad de 1.

Recapturas de los individuos identificados alrededor de las Islas Socorro y Clarión.

Se realizó una revisión de los 1678 individuos identificados en el Archipiélago de Revillagigedo, obteniendo como resultados que en la Isla Socorro se identificaron 1573 individuos y de estos, 1328 fueron identificados únicamente en esta isla. Con respecto a la Isla Clarión se identificaron 350 individuos, de los cuáles 105 ballenas únicamente se observaron en esta isla. De los 245 individuos que fueron identificados en las dos islas, 36 fueron hembras, 71 machos y a 137 no se les identificó el sexo.

De los 245 individuos observados entre las Islas Socorro y Clarión, 64 de ellos fueron registrados en ambas islas en el mismo año. Únicamente un individuo fue identificado en ambas isla en dos años diferentes (1998 y 1999) y otro mas fue identificado en ambas islas en tres años diferentes; 1997, 2000 y 2006 (cuadro 7, apéndice 2).

De los 19 registros con fechas que se tienen para los avistamientos en ambas islas, el tiempo entre avistamientos en una y otra isla es de 8 días para el período más corto y 54 días para el período más largo con un promedio de 22.68 días para el recorrido de una isla a otra. Se registró un individuo el cuál realizo el trayecto de Isla socorro a isla Clarión en 33 días y de regreso a la Isla Socorro en 18 días.

Recapturas del Archipiélago de Revillagigedo (Colima) y la Costa del Pacífico Mexicano (Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit e Isla Isabel, Nayarit).

Se realizó una comparación de los catálogos fotográficos del Archipiélago de Revillagigedo (1986-2006) y la Costa del Pacífico Mexicano (Bahía de Banderas e Isla Isabel (1984-2006), comparando un total de 2623 fotoidentificaciones, de las cuales 1678 correspondieron al Archipiélago de Revillagigedo y 945 a la Costa del Pacífico Mexicano. Apéndice 3.

De estos 2623 fotoidentificaciones de individuos diferentes, se obtuvo un total de 85 recapturas, de las cuales 11 fueron hembras, 22 machos y a 52 individuos no se les identificó el sexo. Se observó a 9 individuos en ambas zonas de congregación en el mismo año. El tiempo entre avistamientos en una y otra zona de congregación invernal fue de 16 días para el período más corto y de 36 días para el período más largo (cuadro 8, Apéndice 2).

Al observar el primer año de registro de cada uno de estos 85 individuos, se encontró que 54 de ellos fueron registrados por primera vez en la Bahía de Banderas, 28 fueron registrados primero en el archipiélago de Revillagigedo y 3 se identificaron en ambos lugares en el mismo año.

Para poder comparar el número de recapturas entre las dos zonas de congregación invernal, es necesario conocer el número de recapturas en cada una de las zonas por si misma. Para ello se subdividió al Archipiélago de Revillagigedo en 2 partes: La Isla Socorro y la Isla Clarión. En el siguiente cuadro se muestran el número de recapturas para cada una de las zonas, el número de recapturas entre zonas y la proporción de recapturas entre ellas (cuadro 6).

Cuadro 6. Recapturas entre las zonas de congregación invernal. (Los valores en la parte media de la tabla muestran en número de individuos recapturados entre las zonas de congregación invernal y los valores de la parte inferior de la tabla muestran los valores de intercambio entre dichas zonas).

| | Socorro | Clarión | Revillagigedo | Continente |
|---|-----------|-----------|---------------|------------|
| Individuos | 1573 | 350 | 1678 | 945 |
| Periodo | 1986-2006 | 1997-2006 | 1986-2006 | 1984-2006 |
| Muestreo (años) | 18 | 6 | 18 | 20 |
| Número de recapturas entre islas | | | | |
| | Socorro | Clarión | Revillagigedo | Continente |
| Socorro | 674 | | | |
| Clarión | 245 | 57 | | |
| Revillagigedo | 1573 | 350 | 678 | |
| Continente | 83 | 21 | 85 | 203 |
| Índice de recapturas entre islas | | | | |
| | Socorro | Clarión | Revillagigedo | Continente |
| Socorro | 0.00027 | | | |
| Clarión | 0.00044 | 0.00046 | | |
| Revillagigedo | 0.00059 | 0.00059 | 0.00024 | |
| Continente | 0.00005 | 0.00006 | 0.00005 | 0.00022 |

En esta tabla observamos en primer lugar que la Isla Clarión presenta el índice de recaptura más alto para todas las regiones, esto se puede deber al reducido número de animales en la zona y que debido al tamaño de esta isla es frecuente recapturar a los mismo individuos más de una vez.

Al comparar el intercambio entre la Isla Clarión y la Isla Socorro, el valor es alto, ya que más de dos terceras partes de los individuos identificados en la Isla Clarión, han sido identificados en la Isla Socorro, lo que apoya la idea de que todas las islas del Archipiélago forman una subpoblación independiente.

Para la Isla Socorro el índice de recapturas es bajo, lo que puede estar dado por un elevado número de individuos en la población, una zona de congregación con mayor superficie que en la Isla Clarión y por la heterogeneidad en la marcabilidad.

En el caso del Archipiélago de Revillagigedo, su índice de recaptura es similar al de la Isla Socorro sola, ya que en ella se encuentra la mayor parte de los individuos que conforman la población del Archipiélago.

De igual forma que para el Archipiélago de Revillagigedo solo, el valor de recaptura de la Costa del Pacífico (Continente) sola es bajo, ya que al tener una superficie muy grande, el índice de recapturas se reduce.

Finalmente al comparar el intercambio entre el Archipiélago de Revillagigedo y la Costa del Pacífico el índice de recapturas es el más bajo (cinco veces menor que entre las islas del Archipiélago), lo que confirma lo descrito por Urban *et al.*, 1989, Álvarez Flores *et al.*, 1990 y Ladrón de Guevara Porras *et al.*, 1993 que sugieren que el Archipiélago de Revillagigedo es una subpoblación independiente a la subpoblación de la Costa del Pacífico Mexicano.

DISCUSIÓN.

Para la actualización del catálogo de fotoidentificación de las ballenas que visitan las aguas adyacentes al archipiélago de revillagigedo se utilizaron 4581 identificaciones fotográficas de las cuales el 47 % pertenecen al trabajo realizado por Jacobsen y colaboradores, el 41% pertenecen al Grupo de Mastozoología Marina de la UNAM y el 12 % al trabajo realizado por Salvatore Cerchio y Danielle Cholewiak, para conformar un catálogo de fotoidentificación es necesario revisar individualmente cada fotografía por tres personas diferentes, para así eliminar la probabilidad de errores en la identificación. Para el presente trabajo, la revisión completa fue hecha en dos ocasiones, una de ellas por el autor y la segunda de forma independiente por Jacobsen y colaboradores. También en años anteriores el catálogo del GMM fue revisado en más de una ocasión por otros colaboradores del GMM, pero con un número menor de individuos identificados. Por esta razón es posible que aún se encuentre algún individuo con un número de identificación doble.

Al cuantificar el número de errores en la asignación del número de identificación (tener 2 o más números de identificación de un solo individuo) encontramos que este error a lo largo de 18 años de muestreo y para un total de 3434 identificaciones fue de 92 individuos con más de un número de identificación.

Al dividir a la Isla Socorro en cuatro zonas y estimar la abundancia relativa de las agrupaciones por milla náutica navegada en cada zona, se encontró que:

En la zona 1 (Suroeste de la isla), las agrupaciones que tenían a una hembra con cría son las más abundantes y que éstas desarrollan sus actividades muy cerca de la costa, esto podría deberse a la presencia de numerosas bahías en esta zona y lo protegido del lugar en contra de los vientos provenientes del norte.

Se determinó que la Zona 2 (parte Noroeste de la isla), es la más importante para tres tipos de agrupaciones; los individuos solitarios, las parejas y los grupos mayores a tres individuos.

La zona 3, debido a sus características físicas y climatológicas (viento y corrientes marinas) presentó los valores más bajos de abundancia relativa para los 5 tipos de agrupaciones, esto aunado a las observaciones en campo (escaso número de bahías, fuertes vientos del norte, continuo mar de fondo y escasa plataforma continental) sugiere que es una zona principalmente de tránsito para las ballenas.

En lo que respecta a la zona 4, ésta es la que presenta una mayor abundancia de machos cantores y es seguida muy de cerca por la zona 1, por lo que la distribución de los cantores es mayor del lado sur de la isla.

La distribución de las agrupaciones encontrada, confirma lo reportado por Smith-Aguilar, (2007) que sugiere que la parte norte de la Isla Socorro es un área de reproducción y búsqueda de pareja, mientras que la parte sur de la isla es un lugar de crianza.

La distribución de los tipos de agrupación con respecto al número de individuos obtenida con datos de 13 años indica que las agrupaciones pequeñas (1 a 3 individuos) son más abundantes que las de gran tamaño (más de 4 individuos) con un promedio de 2.5 individuos por agrupación.

La pendiente de la curva de aparición de nuevos individuos muestra un decremento lento por lo que podemos considerar que la identificación de la mayor parte de los individuos de la población aun es lejana, esto es apoyado por el alto porcentaje de aparición de nuevos individuos (19%), el cual es superior al de otras zonas de congregación invernal.

La distribución del número de capturas muestra una alta incidencia de una sola captura (60% de los Individuos) esto puede estar relacionado con un tamaño poblacional grande, una heterogeneidad en la marcabilidad, con un área de estudio extensa y por la migración, pero de manera menos importante como se explicará más adelante.

El restante 40% de los individuos, muestra filopatria al archipiélago, esto se puede determinar, ya que los individuos presentan un mayor índice de recaptura en el archipiélago que al ser comparados con los individuos de la subpoblación de la costa.

Los resultados del programa fidfid muestran que para la modificación de Bailey al estimador fundamental de Petersen el resultado obtenido es de un tamaño poblacional de 2427 individuos, con un error de 120, sin embargo uno de los postulados de este estimador dice que todos los individuos de una población deben de tener la misma posibilidad de ser recapturados y ya se ha descrito que para esta especie eso no se lleva a cabo en las zonas de congregación invernal. Por otra parte el programa mediante la simulación estima que para un crecimiento poblacional del 10 al 12 % y una heterogeneidad en la marcabilidad igual a uno, la congruencia entre los estimadores es igual a uno, es decir que son completamente congruentes y la optimización entre los estimadores es la mayor. Los resultados obtenidos con este programa evalúa los factores como la migración y la defunción dentro de la heterogeneidad de la marcabilidad, pero sin delimitarlos. De acuerdo a estos valores de crecimiento, la estimación poblacional es de 3500 a 3800 individuos.

Los resultados obtenidos con el programa *fidfid* son casi del doble a los obtenidos con otros programas tradicionales, ya que este no es un estimador estático de tamaño poblacional, por el contrario es un simulador dinámico que muestra el crecimiento en un momento dado. Aunado a esto, el alto porcentaje de aparición de nuevos individuos apoya los resultados del simulador y esto podría evidenciar una recuperación de esta subpoblación, probablemente como resultado de la menor afectación antropogénica de sus hábitats de alimentación y reproducción.

Para determinar si la migración de individuos de otra subpoblación podría afectar el valor del crecimiento poblacional sobreestimándolo, se realizó un análisis que evidencia el intercambio entre diferentes áreas de congregación. Este análisis mostró que el intercambio entre las islas Revillagigedo y la Costa del Pacífico Mexicano es muy bajo, lo que muestra que la migración no es un factor que afecte de manera importante a esta estimación. Esto también confirma lo señalado por Urbán *et al.*, (1989); Álvarez Flores *et al.*, (1990) y Ladrón de Guevara Porras *et al.*, (1993) que sugieren que el Archipiélago de Revillagigedo es una subpoblación independiente a la de subpoblación de la Costa del Pacífico Mexicano.

En contraparte, el muestreo de sólo 6 años en la Isla Clarión y la ausencia de muestreo en la Isla San Benedicto y en Roca Partida podrían afectar la estimación de todo el Archipiélago, ya que influye en la tasa de aparición de nuevos individuos y en el número de recapturas, esto podría subestimar la población, aunque no sabemos si esto sería significativo.

CONCLUSIONES.

Las agrupaciones de Hembras con cría identificadas en la Isla Socorro, están distribuidas principalmente del lado sur de la isla y se encuentran cerca de la costa, mientras que las agrupaciones de cortejo, se encuentran principalmente del lado Norte de la isla.

Las agrupaciones pequeñas (1 a 3 individuos) son más abundantes que las de gran tamaño (≥ 4 individuos) con un promedio de 2.5 individuos por agrupación.

Los hallazgos preliminares de este trabajo podrían indicar un crecimiento poblacional del 10 al 12%, y una heterogeneidad en la marcabilidad de los individuos, esto es mayor a lo estimado por otros programas. Estos valores están respaldados por el elevado índice de nuevos individuos encontrados.

Los resultados obtenidos con el fidfid 3.2 son más altos (casi el doble) que los obtenidos con otros modelos tradicionales, ya que se han utilizando un mayor número de datos (actualizado) y a que este programa prueba un modelo de cambio (crecimiento) por lo que no es un modelo estático.

De acuerdo a los valores obtenidos, se estima un crecimiento poblacional anual que va del 10% al 12% y un tamaño poblacional de 3500 a 3800 individuos en esta subpoblación.

El valor del crecimiento poblacional obtenido no está sobreestimado de manera significativa por la migración de individuos de otras áreas de congregación invernada.

Los índices de recaptura obtenidos para cada una de las islas y para el Archipiélago en general, muestra la existencia de filopatría por parte de la subpoblación de las Islas Revillagigedo.



FORMA 2 BIS. REGISTRO DE FOTOIDENTIFICACIÓN POR ROLLO

Fotógrafo: _____ Año: _____ Localidad: _____ Número: _____

Tipo: _____ Forzamiento: _____

Comentarios:

| Exp. # | Identidad del Avistamiento | | | | | Individuo | Objeto y/o comentarios |
|--------|----------------------------|-------|-----|-------|-------|-----------|------------------------|
| | Especie | Fecha | Loc | Av. # | Grupo | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | |

* Este documento contiene datos de investigación científica sin valor comercial. Se agradecerá notificar o enviar a la siguiente dirección:
Laboratorio de Mamíferos Marinos. Facultad de Ciencias UNAM. Circuito exterior, Ciudad Universitaria. México, DF. CP 04510. MÉXICO.
Tel: (5) 622 4913. Fax: (5) 622 4828. E-mail: img@hp.fiociencias.unam.mx

Figura 21. Hoja de registro de fotoidentificación por rollo.

Apéndice 2.

Cuadro 7. Individuos recapturados en la Isla Socorro (1986 – 2006) e Isla Clarión (1997-2007).

| INDIVIDUO | REVILLAGIGEDO (años en que fue identificado) | CLARION (años en que fue identificado) | SEXO | NOTAS |
|-----------|--|--|------|---------------|
| 1M87R004 | 87,04,05,06 | 00 | M | |
| 1M90R012 | 90,96,01 | 99 | S/S | |
| 1M96R030 | 96,97,03,06 | 99,05 | S/S | |
| 1M97R037 | 97,99,01,04,05 | 99 | S/S | MISMO AÑO |
| 1M97R041 | 04 | 97,98 | S/S | |
| 1M97R042 | 03 | 97,98 | S/S | |
| 1M98R053 | 98,99,00,04-06 | 99 | M | MISMO AÑO |
| 2M86R002 | 86,88,89,91 | 99,00 | M | |
| 2M87R006 | 87-92,95,98,99,01,03-06 | 97,00 | M | |
| 2M87R010 | 87,89,91,96 | 00 | M | |
| 2M89R011 | 89,95,98,99,00,01,05 | 97 | M | |
| 2M89R026 | 89,91,98 | 06 | S/S | |
| 2M91R043 | 91,97,98,05,06 | 99 | M | |
| 2M91R056 | 91,95,96,98,00 | 98 | M | MISMO AÑO |
| 2M91R057 | 91,01,06 | 00 | M | |
| 2M91R061 | 91,98,99,00,04 | 98,99 | M | MISMO AÑO (2) |
| 2M91R063 | 91,96,98 | 98 | M | MISMO AÑO |
| 2M91R064 | 91,99,00,01,04 | 98,00 | M | MISMO AÑO |
| 2M95R071 | 95,97 | 00 | H | |
| 2M95R075 | 95 | 00 | H | |
| 2M96R093 | 96,97-01,03,04,06 | 97 | S/S | MISMO AÑO |
| 2M99R105 | 01,05 | 99 | S/S | |
| 2M99R106 | 98,01,04,05 | 98,99 | S/S | MISMO AÑO |
| 2M96R112 | 96 | 00 | M | |
| 2M97R113 | 97,00 | 00 | M | MISMO AÑO |
| 2M98R115 | 98 | 99,00 | S/S | |
| 2M99R116 | 01 | 99,00,06 | H | |
| 2M99R117 | 99,01 | 00 | M | |
| 2M00R119 | 00,01 | 00,05 | M | MISMO AÑO |
| 2M00R121 | 01,04 | 00,06 | M | |
| 2M00R130 | 00,03,05 | 06 | S/S | |
| 2M01R136 | 01,06 | 05 | H | |
| 2M97R166 | 97,00 | 98,00,06 | S/S | MISMO AÑO |
| 2M88B009 | 89,91,01 | 06 | S/S | |
| 3M86R002 | 86,91,97,99,00,04 | 99 | M | MISMO AÑO |
| 3M87R015 | 87,91,98,04,05 | 97,00,06 | M | |
| 3M87R017 | 87,91 | 98 | H | |
| 3M88R025 | 88,89,97,04 | 98 | M | |
| 3M88R028 | 88-90,92,96,01,03-05 | 99,06 | M | |
| 3M88R031 | 88,91,96,98,01,05 | 98 | M | MISMO AÑO |
| 3M89R033 | 89,96,00 | 99 | M | |
| 3M89R043 | 89,97 | 99 | S/S | |
| 3M89R051 | 89,91 | 99 | S/S | |
| 3M90R055 | 90 | 99 | H | |
| 3M91R065 | 91,03,04 | 00 | H | |

| | | | | |
|----------|----------------------|----------|-----|-----------|
| 3M91R079 | 91,96-99,00,04,05 | 99 | M | MISMO AÑO |
| 3M91R082 | 91,97,01,04 | 06 | S/S | |
| 3M91R088 | 91,99,06 | 97 | M | |
| 3M92R097 | 92,99,04 | 00 | M | |
| 3M95R105 | 95,00,01,03 | 99 | M | |
| 3M96R108 | 96,01,03 | 06 | S/S | |
| 3M96R114 | 96,98 | 06 | S/S | |
| 3M96R118 | 96,00 | 98,99 | H | |
| 3M97R128 | 97,04,06 | 05 | M | |
| 3M98R135 | 98,99,03,06 | 00 | S/S | |
| 3M98R138 | 98,05 | 99 | S/S | |
| 3M98R139 | 98,01 | 00 | S/S | |
| 3M98R140 | 98,04 | 06 | S/S | |
| 3M98R143 | 98,01,03 | 00 | S/S | |
| 3M98R144 | 01 | 98 | S/S | |
| 3M99R147 | 01,03,04 | 99 | S/S | |
| 3M91R148 | 91,01 | 99 | S/S | |
| 3M99R149 | 99 | 99 | S/S | MISMO AÑO |
| 3M00R155 | 00 | 00 | S/S | MISMO AÑO |
| 3M00R156 | 03 | 00 | H | |
| 3M01R183 | 01,04,05 | 05,06 | S/S | MISMO AÑO |
| 3M01R194 | 01,06 | 05 | S/S | |
| 3M03R198 | 03,04 | 06 | M | |
| 3M04R202 | 04 | 05 | M | |
| 3M04R220 | 04,06 | 06 | S/S | MISMO AÑO |
| 3M97R229 | 97,00,05,06 | 00,06 | M | MISMO AÑO |
| 3M97R237 | 97 | 99 | S/S | |
| 3M03R244 | 03 | 05 | S/S | |
| 3M05R250 | 05 | 06 | S/S | |
| 3M06R268 | 06 | 06 | S/S | MISMO AÑO |
| 3M06R270 | 06 | 06 | H | MISMO AÑO |
| 3M06R275 | 06 | 06 | S/S | MISMO AÑO |
| 4M86R002 | 86 | 97 | S/S | |
| 4M86R004 | 86 | 05 | S/S | |
| 4M87R007 | 87,92,99,00,06 | 06 | H | MISMO AÑO |
| 4M87R015 | 87,91,95-97,03,04,06 | 00 | H | |
| 4M88R019 | 88,91,97,00 | 98,99,00 | M | MISMO AÑO |
| 4M88R025 | 88,90,95-97,99-01,04 | 98 | M | |
| 4M89R041 | 89 | 97 | S/S | |
| 4M89R043 | 89,90,91,03,04 | 97,98,00 | S/S | |
| 4M89R050 | 89,96-98,99,01,03,05 | 99,00,06 | M | MISMO AÑO |
| 4M89R051 | 89,90,95,06 | 98 | S/S | |
| 4M90R066 | 90,91,01,06 | 98,00 | M | |
| 4M91R074 | 91,98,04,06 | 98 | S/S | MISMO AÑO |
| 4M90R076 | 90,00,03,04,05 | 98,00 | S/S | MISMO AÑO |
| 4M91R085 | 91,96,97,99,01,05 | 99,00 | M | MISMO AÑO |
| 4M91R087 | 91 | 99 | S/S | |
| 4M91R093 | 91,96,98,01 | 99,00 | M | |
| 4M91R094 | 91,01 | 06 | S/S | |
| 4M91R098 | 91,95,97 | 98 | S/S | |
| 4M91R113 | 91,96,01,05 | 99 | M | |
| 4M91R115 | 91,01,04 | 05 | M | |

| | | | | |
|----------|----------------------------|----------|-----|---------------|
| 4M91R128 | 91,99 | 97 | S/S | |
| 4M92R133 | 92 | 97 | S/S | |
| 4M95R147 | 95,03 | 99 | S/S | |
| 4M96R161 | 96,01 | 00 | S/S | |
| 4M96R163 | 96,01,03 | 00 | M | |
| 4M96R169 | 96 | 99 | S/S | |
| 4M96R182 | 96,01,05 | 97,99,06 | S/S | |
| 4M96R188 | 96 | 05 | S/S | |
| 4M97R195 | 97,03,04 | 99 | S/S | |
| 4M97R197 | 97,99,00,03,06 | 97,00,06 | H | MISMO AÑO (3) |
| 4M97R200 | 04 | 97,00 | H | |
| 4M97R202 | 99,00,01,03 | 97,99 | S/S | MISMO AÑO |
| 4M97R203 | 00,01,03 | 97 | M | |
| 4M98R211 | 98,01,04 | 99,00 | S/S | |
| 4M98R212 | 98,05 | 00 | H | |
| 4M98R215 | 98 | 99 | S/S | |
| 4M98R218 | 98 | 99 | S/S | |
| 4M98R227 | 03,05 | 98,99 | H | |
| 4M99R228 | 99 | 99 | S/S | MISMO AÑO |
| 4M99R232 | 01,04,05,06 | 99 | M | |
| 4M99R240 | 99,04,05 | 00 | S/S | |
| 4M99R254 | 99,04,05,06 | 00,06 | H | MISMO AÑO |
| 4M97R260 | 97,01,06 | 00 | S/S | |
| 4M98R262 | 05 | 98,00 | M | |
| 4M99R264 | 00,01,03,06 | 99 | M | |
| 4M99R266 | 99 | 00 | S/S | |
| 4M00R267 | 99,00,04 | 06 | M | |
| 4M00R268 | 01,03,04 | 00 | H | |
| 4M00R271 | 01,04,06 | 00 | S/S | |
| 4M00R272 | 01,03 | 00 | M | |
| 4M00R281 | 00,03,04 | 05,06 | S/S | |
| 4M01R307 | 01 | 06 | M | |
| 4M01R321 | 01,05,06 | 06 | S/S | MISMO AÑO |
| 4M01R331 | 01,03 | 06 | H | |
| 4M01R332 | 01,03,04 | 06 | S/S | |
| 4M01R340 | 03,05 | 06 | H | |
| 4M04R348 | 04 | 05 | S/S | |
| 4M97R406 | 97,00 | 06 | S/S | |
| 4M97R415 | 97,98 | 00 | S/S | |
| 4M03R435 | 03 | 06 | S/S | |
| 4M05R448 | 05 | 05 | M | MISMO AÑO |
| 4M86I011 | 91,97,00,01 | 00 | M | MISMO AÑO |
| 4M88P005 | 89,95,97,99,00,01,03 | 06 | M | |
| 5M86R002 | 86,87,89,96,99-01,04,05, | 06 | S/S | |
| 5M86R007 | 86,96-98,00,04 | 99 | S/S | |
| 5M87R011 | 87,89,91,96,00,01,03,04,06 | 06 | H | |
| 5M87R016 | 87,96,97,98,00,01,03-06 | 97 | M | MISMO AÑO |
| 5M87R018 | 87,89,97,99,01,04 | 99 | H | MISMO AÑO |
| 5M88R027 | 88,91,95,97-99,04 | 06 | M | |
| 5M88R035 | 88,04,05 | 00 | M | |
| 5M88R038 | 88,01 | 99 | S/S | |
| 5M88R044 | 88,95,99,04 | 00 | M | |

| | | | | |
|----------|-------------------------|-------------|-----|-----------|
| 5M89R051 | 89,91,97,99,01,06 | 05 | M | |
| 5M89R057 | 89,00 | 00,06 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M89R062 | 89,96,99,00,01,03-06 | 98 | M | |
| 5M89R067 | 89-91,95-97,00,01 | 97,99 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M89R068 | 89,91,95 | 99 | S/S | |
| 5M89R073 | 89 | 00 | S/S | |
| 5M90R085 | 90,96,99,03,04 | 06 | M | |
| 5M90R087 | 90,95,98 | 00 | S/S | |
| 5M91R104 | 91,96,99-01,03 | 97 | M | |
| 5M91R112 | 91,96,97 | 00 | S/S | |
| 5M91R126 | 91,97 | 00 | S/S | |
| 5M91R136 | 91 | 97,99 | S/S | |
| 5M91R138 | 91,99,01,05 | 98 | S/S | |
| 5M91R139 | 91,95,97,98,00,01,04,05 | 98,99,06 | M | MISMO AÑO |
| 5M91R144 | 91,96,97,00 | 00 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M91R146 | 91,97,98,01,05 | 98 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M91R147 | 91,99,03,04 | 99 | M | MISMO AÑO |
| 5M91R150 | 91,92,97,98,00,01,03-06 | 99 | H | |
| 5M91R151 | 91,98,01,03 | 97,99 | M | |
| 5M91R154 | 91,01,03 | 99 | S/S | |
| 5M91R155 | 91,97,00,05 | 99,06 | S/S | |
| 5M91R160 | 91,97,98,05,06 | 99 | S/S | |
| 5M91R166 | 91,96,01,04 | 97 | S/S | |
| 5M91R173 | 91,96,99,01 | 99,06 | H | MISMO AÑO |
| 5M95R182 | 95 | 98 | H | |
| 5M95R201 | 95,03 | 05 | S/S | |
| 5M96R205 | 96-98,01 | 00,06 | M | |
| 5M96R221 | 96,01,04 | 98,00,05,06 | M | |
| 5M96R222 | 96,06 | 99 | S/S | |
| 5M96R228 | 96,03,05 | 06 | H | |
| 5M96R230 | 96,99 | 00 | M | |
| 5M96R231 | 96 | 00 | M | |
| 5M96R239 | 96,97,01 | 00 | H | |
| 5M96R240 | 96,99 | 97,98 | M | |
| 5M96R241 | 06 | 00 | | |
| 5M96R243 | 96,97,00,01,03-06 | 98,99 | S/S | |
| 5M96R249 | 96,98,01 | 99 | S/S | |
| 5M97R274 | 97 | 97 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M97R276 | 01 | 97 | S/S | |
| 5M97R277 | 03,05 | 97,00,06 | H | |
| 5M97R278 | 05 | 97,99,06 | S/S | |
| 5M97R288 | 00 | 97 | S/S | |
| 5M98R291 | 98,01,05 | 06 | S/S | |
| 5M98R296 | 98,99 | 05 | S/S | |
| 5M98R299 | 98,04 | 99 | S/S | |
| 5M98R301 | 98 | 99 | S/S | |
| 5M98R303 | 98,03 | 05 | M | |
| 5M98R311 | 98,01 | 98,99 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M98R314 | 98 | 98 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M98R322 | 98,99,00 | 98 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M98R323 | 99 | 98 | S/S | |
| 5M99R324 | 99,00,03 | 99 | S/S | MISMO AÑO |

| | | | | |
|----------|-------------|----------|-----|-----------|
| 5M99R325 | 99 | 99 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M99R328 | 99,03 | 99 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M99R332 | 01,04 | 99 | S/S | |
| 5M99R333 | 99 | 99 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M99R334 | 04 | 99 | S/S | |
| 5M99R335 | 06 | 99 | S/S | |
| 5M99R345 | 99,04 | 00 | S/S | |
| 5M99R350 | 99,05 | 00 | S/S | |
| 5M99R355 | 99,04,06 | 06 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M00R356 | 00,03,06 | 00 | H | MISMO AÑO |
| 5M98R357 | 98,05 | 00,06 | M | |
| 5M98R358 | 00,04,05,06 | 98 | H | |
| 5M98R360 | 00,04 | 98 | M | |
| 5M00R363 | 03 | 00 | H | |
| 5M00R369 | 03 | 00 | H | |
| 5M00R370 | 01 | 00 | S/S | |
| 5M00R371 | 00,04 | 00 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M00R377 | 00 | 00 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M00R378 | 01 | 00,06 | S/S | |
| 5M00R380 | 01,04,06 | 00 | S/S | |
| 5M00R383 | 00,01,03 | 00 | H | MISMO AÑO |
| 5M00R424 | 01,03,04,05 | 00 | H | |
| 5M01R429 | 01,05 | 05 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M00R478 | 01,03 | 00 | H | |
| 5M97R506 | 97,01,03 | 99 | S/S | |
| 5M03R508 | 03,05 | 06 | M | |
| 5M04R538 | 04 | 06 | S/S | |
| 5M97R540 | 97,04 | 06 | S/S | |
| 5M04R549 | 04,05 | 06 | S/S | |
| 5M04R553 | 04 | 06 | H | |
| 5M04R570 | 04,06 | 06 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M04R571 | 04 | 06 | S/S | |
| 5M04R594 | 04 | 06 | S/S | |
| 5M04R602 | 04 | 06 | S/S | |
| 5M97R608 | 97,00 | 98 | S/S | |
| 5M96R611 | 96 | 06 | S/S | |
| 5M97R615 | 97,01 | 99 | S/S | |
| 5M97R620 | 97,01 | 00 | S/S | |
| 5M98R630 | 00,05 | 98,99,00 | M | MISMO AÑO |
| 5M03R647 | 03 | 06 | S/S | |
| 5M05R670 | 05 | 05 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M06R708 | 06 | 06 | S/S | MISMO AÑO |
| 5M06R732 | 06 | 06 | S/S | MISMO AÑO |

M. Macho
H. Hembra
S/S. Sin identificar el sexo

Apéndice 2.

Cuadro 8. Recapturas entre el Archipiélago de Revillagigedo y la Costa del Pacífico Mexicano de 1986 a 2006.

| INDIVIDUO | REVILLAGIGEDO | Costa Pacifico Méx. | OTRAS ID. | SEXO | NOTAS | FECHA |
|-----------|-------------------------|---------------------|---------------------|------|----------------|-----------------------------|
| 1M89R010 | 89 | 91,97 | | H | B. Banderas | |
| 1M90R012 | 90,96,99,01 | 02 | | S/S | B. Banderas | |
| 1M95R027 | 95 | 03 | 1M03B054 | S/S | B. Banderas | |
| 1M98R054 | 98,00,01,03 | 92,96,97,03,04 | 2M96R034 / 1M92B022 | S/S | Mismo año | |
| 1M03R068 | 03,04,05 | 00 | 1M00B045 | S/S | B. Banderas | |
| 1M88B018 | 92 | 88,03 | | S/S | B. Banderas | |
| 2M86R001 | 86,89,97,03,05 | 90,98 | | M | B. Banderas | |
| 2M86R004 | 86 | 89 | | S/S | B. Banderas | |
| 2M88R015 | 88,91,97,98,99,04 | 98 | | S/S | Mismo año | |
| 2M89R026 | 89,91,98,06 | 90 | | S/S | B. Banderas | |
| 2M01R137 | 01 | 05 | | S/S | B. Banderas | |
| 2M01R139 | 01 | 99 | | S | B. Banderas | |
| 2M03R169 | 03 | 87,90 | 2M87I029 | S/S | 87 Isla Isabel | |
| 2M88B009 | 89,91,01,06 | 88,90 | | S/S | B. Banderas | |
| 2M86I017 | 90 | 86,87,04, | | S/S | 86 Isla Isabel | |
| 2M87I028 | 88,90,91,97-01,03,04,06 | 87,89,95,99 | | H | Mismo año | IS 08-FEB-99 / BB 16-MAR-99 |
| 3M86R002 | 86,91,97,99,00,04 | 87 | | M | B. Banderas | |
| 3M86R016 | 86,88,91,00,03 | 90,99,01 | | H | B. Banderas | |
| 3M89R043 | 89,97,99 | 92 | | S/S | B. Banderas | |
| 3M90R055 | 90,99 | 96 | | H | B. Banderas | |
| 3M91R074 | 91 | 90,94 | | H | B. Banderas | |
| 3M95R098 | 95,96,00,03 | 87,88,01 | 2M87I019 | S/S | 87 Isla Isabel | |
| 3M98R143 | 98,00,01,03 | 89 | 3M89I020 | S/S | Isla Isabel | |
| 3M00R160 | 00 | 90 | 3M90B029 | M | B. Banderas | |
| 3M97R215 | 97,98,99,00,01,04,05,06 | 86,04 | 4M86I008 | M | Mismo año | |
| 3M04R227 | 04 | 86,03 | 2M86I010 | S/S | 86 Isla Isabel | |
| 3M97R230 | 97 | 03 | 2M03B055 | S/S | B. Banderas | |
| 3M05R250 | 05 | 98 | | S/S | B. Banderas | |
| 3M06R274 | 06 | 88,89 | 2M88I022 | M | 88 Isla Isabel | |
| 3M89B013 | 91 | 89 | | M | B. Banderas | |
| 3M90B032 | 91 | 90 | | S/S | B. Banderas | |
| 3M86I009 | 89,99 | 86,06 | | M | 86 Isla Isabel | |
| 3M87I017 | 90,96,97,99,00,01,04,06 | 87 | | S/S | Isla Isabel | |
| 4M89R054 | 89 | 91 | | H | B. Banderas | |
| 4M90R076 | 90,98,00,03,04,05 | 99 | 4M99B103 | S/S | B. Banderas | |
| 4M90R079 | 90 | 90 | | S/S | Mismo año | IS 21-FEB-90 / C 9-MAR-90 |
| 4M91R112 | 91,95,99,01 | 96 | 4M96B091 | M | B. Banderas | |
| 4M91R122 | 91 | 92 | | S/S | B. Banderas | |
| 4M95R147 | 95,99,03 | 03 | 3M03B080 | S/S | B. Banderas | |
| 4M97R202 | 97,99,00,01,03 | 91 | 4M91B022 | S/S | B. Banderas | |
| 4M98R219 | 98 | 90 | 3M90I026 | S/S | Isla Isabel | |
| 4M98R221 | 98,04,06 | 84 | 4M84I003 | M | Isla Isabel | |
| 4M98R262 | 98,00,05 | 97 | | M | B. Banderas | |
| 4M00R271 | 00,01,04,06 | 86,87,90,96,97 | 3M86I006 | S/S | 86 Isla Isabel | |
| 4M00R281 | 00,03,04,05,06 | 90 | 4M90I029 | S/S | Isla Isabel | |
| 4M00R289 | 00 | 03 | 4M03B177 | S/S | B. Banderas | |
| 4M01R297 | 01 | 01,03 | 4M01B133 | S/S | Mismo año | |
| 4M01R312 | 01,06 | 90,92 | 4M92B073 / 3M90I030 | S/S | 90 Isla Isabel | |

| | | | | | | |
|----------|----------------------|-------------|---------------------|-----|-------------|-----------------------------|
| 4M04R341 | 03 | 01 | | S/S | B. Banderas | |
| 4M04R354 | 04 | 96 | 4M96B083 | M | B. Banderas | |
| 4M04R384 | 04 | 90 | 4M90B061 | S/S | B. Banderas | |
| 4M97R403 | 97 | 86 | 4M86I005 | S/S | Isla Isabel | |
| 4M03R421 | 03,06 | 86 | 3M86I010 | M | Isla Isabel | |
| 4M05R440 | 05 | 02 | | S/S | B. Banderas | |
| 4M05R448 | 05 | 02 | | M | B. Banderas | |
| 4M06R474 | 06 | 87 | 3M87I015 | M | Isla Isabel | |
| 4M87B018 | 89,91 | 87 | | S/S | B. Banderas | |
| 4M90B040 | 91 | 90 | | S/S | B. Banderas | |
| 4M90B041 | 90 | 90 | | S/S | Mismo año | IS 04-MAR-90 / BB 26-ENE-90 |
| 4M90B053 | 92,00,04 | 90 | | H | B. Banderas | |
| 4M86I008 | 90 | 86 | | S/S | Isla Isabel | |
| 4M86I009 | 89 | 86 | | S/S | Isla Isabel | |
| 4M86I011 | 91,97,00,01 | 86 | | M | Isla Isabel | |
| 5M87R018 | 87,89,97,99.01,04 | 90 | | H | B. Banderas | |
| 5M88R043 | 88,04 | 90 | | S/S | B. Banderas | |
| 5M89R055 | 89 | 97 | | H | B. Banderas | |
| 5M89R062 | 89,96,98,99-01,03-06 | 06 | | M | Mismo año | IS 10-ABR-06 / BB 7-MAR-06 |
| 5M92R174 | 92,95,97 | 98,99,03,04 | | M | B. Banderas | |
| 5M92R175 | 92 | 96,99 | | S/S | B. Banderas | |
| 5M95R183 | 95 | 99 | 5M99B124 | M | B. Banderas | |
| 5M95R199 | 95,96,97,03 | 02 | | S/S | B. Banderas | |
| 5M97R275 | 97 | 90 | 5M90B071 | S/S | B. Banderas | |
| 5M97R285 | 97 | 03 | 5M03B242 | S/S | B. Banderas | |
| 5M00R395 | 00,05,06 | 06 | | S/S | Mismo año | |
| 5M00R397 | 00 | 87 | 4M87I017 | S/S | Isla Isabel | |
| 5M00R399 | 00,04,06 | 90 | 5M90I063 | H | Isla Isabel | |
| 5M00R408 | 00,01 | 86 | 4M86B003 | S/S | B. Banderas | |
| 5M01R451 | 01,05 | 03 | 5M03B228 / 5M03B238 | S/S | B. Banderas | |
| 5M03R483 | 03 | 02 | | S/S | B. Banderas | |
| 5M03R493 | 03 | 02 | | M | B. Banderas | |
| 5M03R500 | 03,04,05,06 | 96 | 5M96B114 | M | B. Banderas | |
| 5M03R508 | 03,05 | 90 | 5M90B066 | M | B. Banderas | |
| 5M05R649 | 05 | 04 | | H | B. Banderas | |
| 5M06R742 | 06 | 90 | 5M90B076 | M | B. Banderas | |
| 5M84I012 | 91,97 | 84 | | S/S | Isla Isabel | |

Otras ID. Individuos con dos números de identificación diferentes, debido a que fueron registrados en dos zonas de congregación invernala.

H. Hembra
M. Macho
S/S. Sin identificar el sexo

IS. Isla Socorro
BB. Bahía de Banderas

REFERENCIAS.

- Álvarez, F. C. M., 1987 Fotoidentificación del rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*, Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a la Isla Isabel, Nayarit, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM. 107pp.
- Álvarez, C., Aguayo, L. A., Rueda, R. y J. Urban, 1990. A Note on the Stock Size of Humpback Whales along the Pacific Coast of México. Rep. Int. Whal. Commn. (12): 191 – 193.
- Argueta, V. T. 1994 Importancia del Archipiélago de Revillagigedo, Colima, como zona de alimentación, crecimiento y anidación de tortugas marinas. I reunión Internacional de investigadores del Archipiélago de Revillagigedo. Inst. Oceanográfico del Pacífico, Manzanillo. Col.
- Baird, W. R. 2003. Update COSEWIC Status Report on the Humpback whale *Megaptera novaeangliae* in Canada.
- Baker, C. S. y Herman, L. M., 1981. Migration and local movement of humpback whale *Megaptera novaeangliae* through Hawaiian waters. Canadian Journal of Zoology (59): 460-469.
- Baker *et al.*, 1986. Migratory movement and population structure of Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central and eastern North Pacific. Marine Ecology, Vol. 31: 105 – 119.
- Barros, B. N., 1991. Movement of Humpback Whales between California and Costa Rica. Marine Mammal Science, 7(3): 306 - 310.
- Calambokidis J. *et al.* 2007. New insights on migrations and movements of North Pacific humpback whales from SPLASH project. 17th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Cape Town, South Africa.
- Campos, R. R., 1989. Fotoidentificación y comportamiento del rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes al archipiélago de Revillagigedo, México. Tesis de Licenciatura de Biología, UNAM. :134 pp.
- Cerchio, S., Jacobsen, K. J. y Norris, F.T., 2001. Temporal and geographical variation in song of Humpback Whales *Megaptera novaeangliae*: synchronous change in Hawaiian and Mexican breeding assemblages, Animal Behavior, 62, 313-329
- Cerchio, S. 2003, Paternity, Polygyny and Alternative Mating Tactics in Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*), Univ. Michigan. PhD Thesis.
- Chittleborough, R. G. 1957. The breeding cycle of the female humpback whale *Megaptera nodosa* (Bonaterre) Australian Journal of Freshwater and Marine Research 9: 1 a 18.

- Clapham, P. J. y Mayo, C. A., 1987. The attainment of sexual maturity in two female humpback whales. *Marine Mammals Science* (3):279-283.
- Clapham, P. J. y Mead G. J., 1999. Mammalian Species (*Megaptera novaeangliae*), American Society of Mammalogists, No. 604, pp1-9
- Darling, D. J. y McSweeney, J. D., 1985. Observations on the migrations of North Pacific Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*). *Can. Journal of Zool.* 63: 308 – 314.
- Darling, D. J. Y Bérubé, M. 2001. Interactions of singing humpback whales with other males. *Marine Mammals Science* 17 (3):570-584.
- Frisch, J. A., 1998. Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*) Unidos para la Conservación A.C. México: 28 pp.
- Frisch, J. A. *et al.* 1998. Catálogo de fotoidentificación de ballena jorobada en la Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México 1996 – 2006. IFAW, ITMAR BB, Ecotours de México, Ocean Friendly, October Hill Foundation, 2006.
- Gallegos, G. A., Barberan, F. J. M. y Fernández, E. A., 1988. Condiciones oceánicas alrededor de Isla Socorro, archipiélago de Revillagigedo, en Julio de 1981. *Revista Geofísica*, IPCH, No. 28, Ene/Feb 1988: 41 – 58.
- Glockner, F. D., 1983 Determining the sex of humpback whales. *Megaptera novaeangliae*, in their natural environment. In: *Communication and behavior of whales*. Edited by R. Payne. AAAS. Selected symposium 76. Washington D.C.
- Glockner, F. D. y Ferrari, J.M., 1984. Reproduction in humpback whales *Megaptera novaeangliae* in Hawaiian waters *Reports of IWC* (6): 237-242.
- Gómez, L. F. R., 1998. Identificación de las conductas en superficie de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* en el área reproductiva del Archipiélago de Revillagigedo, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Simón Bolívar. : 68 pp.
- González-Peral, U. 2006 Identidad Poblacional de las Ballenas Jorobadas *Megaptera novaeangliae* que se congregan en Baja California Sur. Tesis de Maestría UABCS.
- Jacobsen, J. K. y Cerchio, S. Geographic and Temporal Variation in the Distribution of Singing Humpback Whales at Isla Socorro, 2000 and 2001. Congreso Internacional, de la Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina, Veracruz México.
- Jiménez, C., Servin, R., Castellanos, A., Araud, G., y S. Díaz, 1990. El Suelo en la Isla Socorro, Cuadernos de Educación Ambiental, Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C. (1): 5 pp.

- Johnston, M. I., 1931 The Flora of the Revillagigedo II. Proc. Calif. Acad. Sc. 4^a Ser. 20 (2) 9 -104.
- Juárez, S. R., 2001. Tasas de nacimiento e intervalos entre partos del rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico Mexicano. Tesis de Licenciatura UNAM.
- Jurasz, V. P., McSweeney, D. y Jurasz, M. C., 1980. Possible Sexing Technique for Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*). Can. J. Fish Aquat. Sci. 37: 2362 – 2364.
- Katona et al, 1979. Identification of Humpback Whales by Fluke Photographs. (2): 33 – 44.
- Katona, S. K. y Whitehead, H. P., 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. Polar Records, Vol. 20, No. 128: 439 – 444.
- Ladrón de Guevara P. P, 1995. La ballena jorobada, (*Megaptera novaeangliae*) (Borowski, 1781), en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM. 155pp.
- Leatherwood, S., Reeves R. y L. Foster. 1983. The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins. Sierra Club Books, E.U.A. 302 pp.
- Medina, G. M., 1978. Expedición científica a las islas Revillagigedo. Univ. de Guadalajara
- Medrano-González. L., Salinas, M., Ladrón de Guevara, P., Aguayo L. A., Jacobsen, J. Y Baker, C. S., 1994. Sex identification of Humpback Whales, *Megaptera novaeangliae*, on the wintering grounds of the Mexican Pacific Ocean, Can. Journal of Zool. 72: 1771 – 1774.
- Medrano-González. L, Aguayo L. A, Urbán R. J. y Baker C. S., 1994. Sex identification of humpback whales, *Megaptera novaeangliae* on the winter grounds of the Mexican Pacific Ocean. Can. J. Zool. 71: 1771-1774.
- Medrano, González. L., Aguayo, L. A., Urban, R. J y Baker S. C., 1995. Diversity and distribution of mitochondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific Ocean. Can. J. Zool.: 1735 – 1743.
- Mobley, J. R. Y Louis, M. H., 1985. Transience of social affiliations among humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the Hawaiian wintering grounds. Can. J. Zool 63:762-772.
- Ortega A. et al, 1992. Recursos naturales de la Isla Socorro, Revillagigedo, México. Ciencias, (45): 175 –184.
- Ortega, R. A. y Castellanos, V. A., 1994. La Isla Socorro, Reserva de la biosfera, Archipiélago de Revillagigedo, México. CIBNOR (8).

Perry A., Baker C.S y Herman L.M. 1990. Population characteristics of individually identified humpback whales in the central and eastern North Pacific: A summary and critique. Rep. Inter. Whal. Commn. Special issue 12: 307-317.

Rice, D. W., 1978. The Humpback Whale in the North Pacific: Distribution, Exploitation, and Numbers. NMFS, EUA: 170 a 195 En. W. E. Schevil (ed.) The Whale Problem. Harvard University Press.

Rosenbaum, C. H, et al, 1995. Geographic variation in ventral fluke pigmentation of humpback whale *Megaptera novaeangliae* populations worldwide. Marine Ecology Progress Series Vol. 124: 1 – 7.

Salas, R. I. V. 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 de Licenciatura, UNAM, México 53 pp.

Salinas, S. M., Ladrón de Guevara, P. P. y Aguayo, L. 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 marinos de América del sur, Valdivia, Chile 12 – 15 de Nov. de 1990.

Salinas, S. M., et al., 1994. Cetaceos del Archipiélago de Revillagigedo, con especial énfasis en la ballena jorobada, (1981-1992), Reunión Internacional de Investigadores del Archipiélago Revillagigedo, México. (Memorias). Instituto Oceanográfico del Pacífico, Manzanillo, Colima, México. Pág. 31

Urbán, R. J. et al, 1999. Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific., J. Cetacean Res, 2(2): 101 – 110.

Urbán, R. J. et al, 2000. Population size of Humpback Whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off Pacific Coast of Mexico. Fish. Bull. 97: 1017 - 1024.

Urbán, R. J de J., 2001. Estructura Poblacional, abundancia y destinos migratorios de las ballenas jorobadas que invernán en el Pacífico Mexicano. Tesis de Doctorado. U.N.A.M., 84 pp.

Villavicencio, LL. K. 2000. Patrones de ventilación y hábitos del rorcual jorobado *Megaptera novaeangliae* durante su estancia invernal en el Pacífico Mexicano. Tesis de Licenciatura Biología, UNAM. 111pp.

Watts, P., 1993. Evidence of Feeding by Humpback Whales *Megaptera novaeangliae* in the Baja California Breeding ground, Mexico. Marine Mammal Science, 9(1): 76 - 81.

Winn, E. H. y Reichley, E. N., 1985. Handbook of Marine Mammals. Academic Press Inc, London. Vol 3: 241 – 271.

Winn, L. K y Winn E.H., 1985. Wings in the sea, the humpback whales, University Press of New England, E.U.A. 151 pp.

Wursig, B, 1988. El comportamiento de las ballenas, Investigación y ciencia. Junio 1988 No. 141: 78 – 86.

Historia de la Isla Clarión. <http://members.fortunecity.com/xe1bef/clarion.htm>