

003 85



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

1

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTRUCTURA POBLACIONAL, ABUNDANCIA Y DESTINOS MIGRATORIOS DE LAS BALLENAS JROBADAS QUE INVIERNAN EN EL PACÍFICO MEXICANO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

P R E S E N T A

JORGE DE JESÚS URBÁN RAMÍREZ

293104

DIRECTOR DE TESIS: DR. LUIS MEDRANO GONZÁLEZ

2001



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.

A la memoria de

Jorge Urbán Cervantes, padre y ejemplo

e

Ismael Casillas Estrella, pescador y amigo

CONTENIDO

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES DE LA ESPECIE EN EL PACÍFICO NORTE	2
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	5
ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE LA BALLENA JOROBADA EN MÉXICO	7
ÁREA DE ESTUDIO	10
MÉTODOS	10
REFERENCIAS	17
CAPÍTULO II. ESTRUCTURA POBLACIONAL	23
INTRODUCCIÓN	24
MÉTODOS	26
RESULTADOS	30
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	36
REFERENCIAS	41
CAPÍTULO III. TAMAÑO POBLACIONAL	44
Urbán R., J., C. Alvarez F., M. Salinas Z., J. Jacobsen, K.C., Balcomb III, A. Jaramillo L., P. Ladrón de Guevara P. y A. Aguayo L. 1999. Population size of humpback whale, <i>Megaptera novaeangliae</i> , in waters off the Pacific coast of Mexico. <i>Fishery Bulletin</i> 97(4):1017-1024	
CAPÍTULO IV. DESTINOS MIGRATORIOS	53
Urbán R., J., A. Jaramillo L., A. Aguayo L., P. Ladrón de Guevara P., M. Salinas Z., C. Alvarez F., L. Medrano G., J.K. Jacobsen, K.C., Balcomb III, D.E. Claridge, J. Calambokidis, G.H. Steiger, J. Straley, O. vonZiegesar, J.M. Wite, S. Miszroch, M.E. Dahlheim, J.D. Darling y C.S. Baker. 2000. Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. <i>Journal of Cetacean Research and Management</i> 2(2): 101-110	
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES	64
INTRODUCCIÓN	65
ESTRUCTURA POBLACIONAL Y MOVIMIENTOS	65
ABUNDANCIA Y RECUPERACIÓN DE LA POBLACIÓN	70
CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE EN MÉXICO	74
CONCLUSIONES	78
REFERENCIAS	80
AGRADECIMIENTOS	83

RESUMEN

Las ballenas jorobadas fueron relativamente abundantes en todos los océanos del mundo. En particular para el Océano Pacífico Norte, se estima que existieron entre 15,000 y 20,000 ballenas antes de su explotación. Después de que se prohibió su caza en 1966, la población se redujo a cerca de 1,400 individuos. Actualmente, no se conoce la estructura poblacional, ni el grado de conservación de esta especie. El presente trabajo consiste en un estudio de las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano con base en la técnica de foto-identificación de los individuos, en el que se pretende demostrar que existe una segregación entre las ballenas que se concentran cada invierno en diferentes zonas del Pacífico mexicano, se estima su tamaño, se determinan sus destinos migratorios y se aportan elementos para determinar su estructura poblacional.

Para determinar la relación de las ballenas jorobadas que se distribuyen en México, con base en sus desplazamientos, se compararon las ballenas identificadas en las tres agregaciones invernales principales: la *Costa continental de México*, con 383 ballenas identificadas entre 1983 y 1992; la *Península de Baja California*, con 471 ballenas identificadas entre 1987 y 1993; y el *Archipiélago de Revillagigedo*, donde se identificaron 450 ballenas entre 1986 y 1992. El mayor número de recapturas se observó entre la región de *Continente y Baja California* (64), y el menor entre *Baja California y Revillagigedo* (20). De manera similar se observa que el Índice de Intercambio fue mayor entre *Continente y Baja California* (0.38), y el menor entre *Baja California y Revillagigedo* (0.12). Con base en estos resultados, y otros aportados por estudios genéticos, se propone que las ballenas jorobadas que se distribuyen cada invierno en el Pacífico mexicano conforman dos unidades poblacionales diferentes. Una constituida por las ballenas que se distribuyen en las regiones de *Baja California y Continente*, el “Stock Costero”; y otra conformada por las ballenas de la región de *Revillagigedo*, el “Stock de Revillagigedo”.

Para obtener las estimaciones del tamaño de los stocks, se utilizaron modelos de captura-recaptura, tanto para poblaciones cerradas como abiertas, considerando a cada año como un evento de captura. La muestra utilizada consistió en 1184 ballenas jorobadas identificadas en aguas mexicanas entre 1986 y 1993. La mejor estimación del tamaño poblacional para los stocks del Pacífico mexicano fueron aquellas obtenidas por el modelo modificado de Jolly-Seber: 1813 (95% IC: 918-2505) para el “Stock Costero” en 1992, y 914 (95% IC: 590-1193) para el “Stock de Revillagigedo” en 1991.

Los destinos migratorios de las ballenas que invernan en el Pacífico mexicano se determinaron comparando las ballenas identificadas en esta zona entre 1983 y 1993 (383 de la región continental; 471 de Baja California; y 450 de Revillagigedo) con aquellas identificadas en todas las zonas de alimentación estudiadas en el Pacífico Norte (593 de California-Oregon-Washington; 48 de British Columbia; 429 de Alaska sur-oriental; 141 de Prince William Sound; y 133 del Golfo de Alaska occidental). Los resultados muestran que las ballenas no migran azarosamente. Las comparaciones fotográficas y las pruebas estadísticas muestran una clara evidencia de una preferencia de las ballenas del Continente y Baja California por la zonas de alimentación de California-Oregon-Washington y British Columbia. El principal destino migratorio de las ballenas de Revillagigedo no se encontró. Con base en estimaciones de abundancia actuales, los registros históricos de la caza de ballenas y la estructura genética de la población, se propone que las zonas históricas de alimentación de las aguas adyacentes a las Islas Aleutianas y/o el Mar de Bering son las zona(s) principal(es) del destino migratorio de las ballenas de Revillagigedo.

ABSTRACT

The humpback whales were relatively abundant in all the oceans of the world. The North Pacific population was estimated to be between 15,000 to 20,000 before the practice of whaling. At the time of its international protection in 1966 this population may have been reduced to fewer than 1,400 individuals. At the present there is no conclusive information about the population structure or conservation status of this species in the North Pacific. This thesis is a study of the North Pacific humpback whales based in the individual photo-identification technique; and pretends estimate the population size, the migratory destinations and the segregation of the wintering aggregations of humpback whales in the Mexican Pacific.

In order to know the relationship among the humpback whales in Mexico, were made comparisons among the photo-identified whales from the three main wintering aggregations: the *Costa continental de México*, with 383 identified whales between 1983 and 1992; the *Península de Baja California* with 471 identified whales between 1987 and 1993; and the *Archipiélago de Revillagigedo*, with 450 identified whales between 1986 and 1992. The higher number of matches was between *Continente* and *Baja California* (64), and the lower between *Baja California* and *Revillagigedo* (20). In the same way the Index of Interchange was higher between *Continente y Baja California* (0.38), and lower between *Baja California y Revillagigedo* (0.12). Based in these results, and others from genetic studies, it has been propose that the humpback whales from the Mexican Pacific belong to two different Stocks, the "Coastal Stock" compose by the whales from *Baja California* and *Continente* regions, and the "Revillagigedo Stock" compose by the whales from the *Revillagigedo* region.

Estimates of the stocks size were obtained by using mark and recapture models for both closed and open populations, with each year representing a capture occasion. The sample size was of 1184 humpback whales identified in Mexican waters between 1986 and 1993. The best estimates of population size for the stocks of the Mexican Pacific were those provided by the modified Jolly-Seber method: 1813 (95% CI: 918-2505) for the Coastal Stock in 1992, and 914 (95% CI: 590-1193) for the Revillagigedo Stock in 1991.

The migratory destinations of humpback whales that winter off the Pacific coast of Mexico were examined using fluke photographs taken from the three main whale aggregations in this area: 383 from Mainland coast; 471 from Baja California Peninsula; and 450 from Revillagigedo Archipelago, photographed between 1983 and 1993 were compared to collections from all known feeding grounds in the North Pacific: off California-Oregon-Washington (COW, 593); off British Columbia (BC, 48); off South-eastern Alaska (SEA, 429); Prince William Sound (PWS, 141); and from western Gulf of Alaska (WGOA, 133). The migratory movements of these whales were clearly non-random. The results of the photographic comparisons and the statistical tests show clear evidence for preferred migratory destinations of humpback whales from Mainland and Baja California to COW and BC feeding regions. The picture is different for the Revillagigedo region, although we found matches with all the feeding regions sampled, no principal migratory destination was detected. This fact supports the assumption that the humpback whales from Revillagigedo belong to a separate stock from the "American" stock. Based on the known abundance estimations, historical whaling records, and genetic structure of the populations we propose that these whales could occupy their historical distribution off the Aleutian Islands and/or the Bering Sea and this feeding ground(s) would be the main summer destination of the whales from Revillagigedo and the area were the "missing" whales from Baja California, Mainland, Japan and Hawaii feed.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES DE LA ESPECIE EN EL PACÍFICO NORTE.

La ballena jorobada, o rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae*, fue la segunda especie en ser protegida por la Comisión Ballenera Internacional (CBI) cuando en 1965 se inició la prohibición de su captura comercial en el Océano Atlántico Norte (Katona, 1991). Esta protección se extendió al Pacífico Norte en 1966 (Winn y Reichley, 1985). Se sabe que algunos pocos ejemplares han sido cazados, después de su prohibición, en operaciones no reguladas por la CBI (1980). Actualmente, la única caza directa de ballenas jorobadas se realiza en San Vicente y las Granadinas, en las Pequeñas Antillas. En 1987 la CBI reconoció oficialmente esta pesquería local y, desde ese año, se acordó permitir que se cazaran un máximo de tres animales al año, siempre y cuando la carne y los productos derivados de la caza se usaran exclusivamente para consumo local (CBI, 1988, 2000).

Las ballenas jorobadas fueron relativamente abundantes en todos los océanos del mundo, en particular para el Océano Pacífico Norte, se estima que existieron entre 15,000 y 20,000 ballenas antes de su explotación (Rice, 1978). La caza de ballenas en mar abierto, con arpón a mano, se expandió en el Pacífico Norte desde la década de 1790, y alcanzó su máximo en la década de 1840. Las últimas expediciones exitosas se realizaron en 1913. Esta industria estuvo dominada por balleneros norteamericanos, aunque también se incluyeron ingleses y algunos más de otras naciones (Rice, 1978). A pesar de que el blanco principal durante esta caza fueron los cachalotes y las ballenas francas, varias decenas de ballenas jorobadas se capturaron. De acuerdo con Townsend (1935), quién examinó muchas de las bitácoras de estas expediciones, 147 de las 207 ballenas jorobadas cazadas en esta época se capturaron en aguas del Pacífico mexicano.

Con el desarrollo de la caza "moderna" de ballenas a finales del Siglo XIX, con arpones montados en cañones, esta especie pronto se volvió el blanco favorito para la industria ballenera, y sus poblaciones disminuyeron en toda su distribución mundial (Mackintosh, 1965). El denominado "stock" del Pacífico Nororiental de esta especie fue explotado en varios episodios durante la primera mitad del Siglo XX, finalizando con el agotamiento comercial de la población provocado por la caza de canadienses en las costas de British Columbia (Gregr *et al.* 2000), de norteamericanos en las costas de California Central (Clapham *et al.* 1997), y a la caza oceánica en

el Golfo de Alaska y Mar de Bering en las décadas de 1950 y 1960, principalmente por balleneros rusos, y en menor medida, por balleneros japoneses (Rice, 1978; Doronshenko, 2000). Para 1965, más de 28,000 ballenas jorobadas habían sido cazadas en los últimos 60 años (Rice, 1978). Las estimaciones de la abundancia de esta especie en el Pacífico Norte, después de que se prohibió su caza en 1966, indican alrededor de 1,400 (Gambell, 1976) y 1,200 individuos (Johnson y Wolman, 1984).

Debido a la drástica disminución del tamaño de las poblaciones, en todas sus áreas de distribución, las ballenas jorobadas se consideran en Estados Unidos como "en peligro de extinción" (endangered) bajo el Acta de Especies en Peligro (ESA) y como "agotada" (depleted), en el Acta de Protección de Mamíferos Marinos (MMPA, Perry *et al.* 1999); como "amenazadas" ("threatened") en Canadá (Whitehead, 1987); como especie "vulnerable" en el libro rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Klinowska, 1991); y está en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES), lo que indica que esta especie es considerada por este organismo como "en peligro de extinción" y que es, o puede ser, afectada por el comercio (CITES, 1996). Además, todas sus poblaciones están clasificadas como "Stocks protegidos" (Protected stocks) por la Comisión Ballenera Internacional. Con esta designación, la CBI reconoce que estas ballenas se encuentran a un 10%, o menos, de los niveles de su rendimiento máximo sustentable (CBI, 1995). En México, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059 (NOM-059-ECOL-1994), se les considera como especie bajo la categoría de "protección especial", lo que significa que puede ser una especie en peligro de extinción, o amenazada, o rara, pero se carece de la información suficiente en la cual basar una decisión (Leyva, 2000).

La información con que se cuenta acerca del conocimiento sobre las poblaciones de ballenas jorobadas en el Pacífico Norte incluyen: 1) Datos de capturas provenientes de la caza comercial (Kellogg 1928; Townsend, 1935; Tomilin, 1957; Berzin y Rovnin, 1966; Clapham *et al.* 1997; Gregr *et al.* 2000); 2) Información sobre movimientos de ballenas utilizando marcas tipo "discovery" (Omura y Ohsumi, 1964; Nishiwaki, 1966; Ivashin y Rovnin, 1967; Ohsumi y Masaki, 1975); 3) Información sobre movimientos de ballenas, con base en su foto-identificación (Darling y Jurasz

1983; Darling y McSweeney, 1985; Baker *et al.* 1986; Urbán *et al.* 1987; Perry *et al.* 1988; Calambokidis *et al.* 1989, 1996; Steiger *et al.* 1991; Darling y Mori, 1993; Darling y Cerchio, 1993; Darling *et al.* 1996); 4) Diferencias geográficas en los patrones genéticos de las ballenas jorobadas con base, tanto en el DNA mitocondrial (Baker *et al.* 1990, 1994; Medrano-González *et al.* 1995), como en el DNA nuclear (Baker *et al.* 1993, 1998; Palumbi y Baker, 1994); 5) Diferencias geográficas en la estructura de los “cantos” (Payne and Guinee, 1983; Helweg *et al.* 1990; Cerchio, 1993; Salinas-Zacarías, 2000); y 5) Diferencias en las proporciones de ballenas con diferentes patrones de coloración de la cara ventral de la aleta caudal (Pike, 1953; Baker *et al.* 1985, 1986; Jaramillo, 1995; Rosenbaum *et al.* 1995).

En las últimas décadas se han realizado estimaciones del tamaño de las poblaciones de las ballenas jorobadas utilizando técnicas de captura-recaptura por medio de individuos identificados fotográficamente (Hammond, 1986), y esto ha permitido hacer estimaciones en Hawai (Darling y Morowitz, 1986; Baker y Herman, 1987; Cerchio, 1998); en México (Campos, 1987; Alvarez, 1987; Urbán *et al.* 1989; Álvarez *et al.* 1990); Alaska suroriental (Baker *et al.* 1992; Straley, 1994); y California, Oregon y Washington (Calambokidis *et al.* 1990, 1993; Calambokidis y Steiger, 1995).

A pesar de estos estudios, no existe un claro consenso acerca de la composición de las poblaciones de las ballenas jorobadas en el Pacífico Norte. La Comisión Ballenera Internacional considera a todas las ballenas jorobadas del Pacífico Norte como un “stock” para propósitos de manejo (Donovan, 1991). Con base en evidencias de algunos movimientos de ballenas entre las tres agregaciones invernales del Pacífico Norte, algunos investigadores sugirieron la existencia de uno o, quizá, dos “stocks” (Darling y McSweeney, 1985; Darling y Cerchio, 1993; Darling *et al.* 1996). Por su parte, Baker *et al.* (1994) concluyeron que, considerando la evidencia genética, que las ballenas jorobadas en el Pacífico Nororiental podrían dividirse en, al menos, dos grupos o “stocks”: uno central, donde las ballenas se alimentan en las aguas de Alaska y migran predominantemente a Hawai; y uno “americano”, donde las ballenas se alimentan a lo largo de las costas de California y pasan el invierno en aguas del Pacífico mexicano.

La clasificación de una especie como "en peligro de extinción" trae consigo responsabilidades gubernamentales y científicas substanciales. En la mayoría de los casos es necesaria la implementación de leyes que regulen el manejo y faciliten la recuperación de poblaciones disminuidas. Estudios científicos deben desarrollarse para definir con mayor exactitud el estatus de la población, su potencial de recuperación, y cualquier acción que deba tomarse (Katona, 1991).

El éxito en el manejo de las Ballenas Jorobadas es complicado debido a sus migraciones estacionales. Durante su ciclo anual, las ballenas se distribuyen a través de una amplia área geográfica, frecuentemente incluyendo aguas bajo la jurisdicción de varias naciones, por lo tanto, para la realización de estudios lo suficientemente amplios como para describir sus migraciones, estructura, abundancia y tendencias de las poblaciones, es necesaria la colaboración de muchos científicos y, a menudo, de varias naciones. Este estudio es un ejemplo de esta situación.

OBJETIVOS

El presente estudio se desarrolla en el siguiente contexto:

Objetivo 1.- Es necesario determinar si las diferentes agregaciones invernales de ballenas jorobadas corresponden o no a una misma unidad poblacional. En caso de no ser así se requiere saber el grado de relación entre estos grupos.

Objetivo 2.- La información anterior nos servirá para realizar una adecuada estimación de su abundancia poblacional y de esta manera evaluar el estado de recuperación de esta especie.

Objetivo 3.- En forma paralela, se requiere conocer los destinos migratorios de estas ballenas para determinar sus relaciones con las otras agregaciones en el Pacífico Norte.

Objetivo 4.- Con esta información se avanzará en la definición de las unidades poblacionales de las ballenas jorobadas en esta cuenca oceánica, después de que, hace menos de cuatro décadas, su población fue reducida a menos del 10% de su tamaño original.

Objetivo 5.- Con la información obtenida se harán recomendaciones sobre los mecanismos e instrumentos de manejo y conservación que se dirijan hacia esta especie.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO

Considerando lo anteriormente expuesto, el presente trabajo consiste en un estudio de las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano con base en la técnica de foto-identificación de los individuos. El Capítulo I contiene una introducción general, el planteamiento del problema y una descripción general del método empleado. En el Capítulo II se pretende demostrar que existe una segregación entre las ballenas que se concentran cada invierno en diferentes zonas del Pacífico mexicano. Esta misma pretensión se retoma en el Capítulo III, donde se hace una estimación de abundancia de las ballenas jorobadas presentes en el Pacífico mexicano y se justifica el porqué la estimación se hace considerando dos agregaciones diferentes. En el Capítulo IV se tratan de determinar el o los destinos migratorios de las ballenas que se distribuyen en México durante el invierno, y el resultado de este análisis aporta elementos que sustentan la estructura de las poblaciones propuesta en los capítulos anteriores. Finalmente, en el Capítulo V se hace una discusión general y se presentan las principales conclusiones del trabajo.

Entre los requisitos del programa doctoral del que surgió este estudio, se encuentra el que, por lo menos una parte de los resultados de la investigación de la tesis haya sido publicada o aceptada para su publicación. Es por esta razón que los Capítulos III y IV son los trabajos publicados en el *Fishery Bulletin* del mes de noviembre de 1999, y en el *Journal of Cetacean Research and Management* del mes de septiembre de 2000. Por recomendación del Departamento de Posgrado de la Facultad de Ciencias, UNAM, estos capítulos se incluyen en el formato de la revista en que fueron publicados.

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE LAS BALLENAS JOROBADAS EN MÉXICO.

El Capitán Charles M. Scammon menciona la presencia de ballenas jorobadas con crías en el mes de diciembre en Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco y en el mes de mayo en Bahía Magdalena, B.C.S. durante la segunda mitad del siglo XIX (Scammon, 1874), de esta manera se inicia el interés por su caza en aguas mexicanas.

En 1965, El Dr. D.W. Rice realizó una expedición en el Pacífico mexicano, entre el 26 de enero y el 15 de marzo, con la finalidad de evaluar estado de la población de ballenas jorobadas. Durante el viaje se avistaron 33 grupos de ballenas jorobadas con un total de 102 individuos: 10 en la costa occidental de Baja California, 65 en las costas de Sinaloa, Nayarit y Jalisco y 27 en las islas del Archipiélago de Revillagigedo, particularmente en la Isla Socorro. Con base en estos resultados, el Dr. Rice concluye que sólo unos pocos cientos de estas ballenas aún poblaban el Pacífico Nororiental (Rice, 1974). Con respecto a la distribución de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano, este mismo investigador, considerando los registros históricos de la caza ballenera y sus propias observaciones, que existen tres agregaciones invernales: 1) La costa occidental de Baja California, aproximadamente desde la Isla Cedros hacia el sur hasta Cabo San Lucas y hacia adentro del Golfo de California al menos hasta Isla San José; 2) La costa continental desde el sur de Sinaloa hasta Jalisco, especialmente en la vecindad de las Islas Mariás, Isla Isabel y la Bahía de Banderas; y 3) El Archipiélago de Revillagigedo, incluyendo a las Islas Socorro, San Benedicto y Clarión (Rice, 1978).

Como parte de su actividad reproductiva, las ballenas jorobadas tienen un amplio y complicado repertorio conductual, dentro del cual sobresalen los llamados “cantos” o “canciones” emitidos por los machos (Salinas-Zacarías, 2000). El patrón de estos cantos es similar entre individuos agregados en un área particular (Payne y McVay, 1971). Con base en el supuesto de que sea necesario un contacto acústico entre las ballenas para explicar la similitud de sus canciones, algunos autores han analizado las diferencias en los cantos emitidos en diferentes zonas de agregación. Payne y Guinee (1983), después de analizar y comparar 14 grabaciones de canciones de ballenas jorobadas de Isla Socorro realizadas en los años de 1977 y 1979, con 59 grabadas en

Hawai en los mismos años, concluyeron que las ballenas de ambas regiones pertenecían a la misma población. Helweg *et al.* (1990), compararon canciones grabadas diez años después, en 1989, en aguas de Japón, Hawai y México (aguas frente a San José del Cabo, B.C.S.) y sugieren que las ballenas de estas tres agregaciones invernales deben tener algún contacto acústico durante alguna porción de su ciclo migratorio. Cerchio (1993), hizo un análisis detallado de las canciones de ballenas jorobadas de Kauai, Hawai y de la Isla Socorro encontrando similitudes estructurales en las canciones de estas dos regiones además de una relativa sincronía en los cambios progresivos de las mismas. Finalmente, Salinas-Zacarías (2000), compara canciones grabadas en Isla Socorro y en la Bahía de Banderas concluyendo que las canciones de las ballenas jorobadas en todo el Pacífico mexicano tienen una estructura similar con pocas diferencias.

La primera foto-identificación de una ballena jorobada en México, y quizá en el mundo, fue la realizada por Ken Balcomb el 22 de febrero de 1966, cerca de la Isla Isabel, Nayarit. (Urbán *et al.* 1990). Utilizando esta técnica de foto-identificación, Darling y Jurasz (1983), compararon 113 ballenas fotografiadas en Alaska sur-oriental (1977-78), 264 en Hawai (1977-79) y 11 del Archipiélago de Revillagigedo (1979). Entre sus resultados encontraron una ballena identificada en Hawai en marzo de 1977, dos años después en Isla Socorro (marzo de 1979), y al siguiente año (1980), nuevamente en Hawai. En un estudio similar, Darling y McSweeney (1985), compararon 1056 individuos fotografiados en Hawai, 474 en Alaska, 8 en British Columbia y 12 en el Archipiélago de Revillagigedo, encontrando una recaptura más entre Revillagigedo (marzo de 1979) y Hawai (febrero de 1980). Estos investigadores concluyeron que, como las ballenas pueden cambiar de destino migratorio en inviernos sucesivos y en ambos sentidos, pertenecían a la misma población. También a través de la comparación de ballenas jorobadas identificadas fotográficamente, Baker y colaboradores (1986) compararon 971 individuos identificados entre 1977 y 1983: 604 de Hawai; 43 de México (24 en el Archipiélago de Revillagigedo en Marzo de 1978 y 19 en las aguas circundantes a las Islas Tres Marías en marzo de 1980); 326 Alaska sur-oriental; 5 de la Bahía Yakuta, Alaska; 55 de Prince William Sound, Alaska; 15 del Golfo de Alaska occidental; y 8 de las Islas Farallón, California. Entre sus resultados encontraron cuatro recapturas de ballenas fotografiadas en México, una entre Revillagigedo y Hawai, otra entre Revillagigedo y Prince William Sound, una más entre las Islas Tres Marías y Alaska sur-oriental, y

finalmente otra entre las Islas Tres Mariás y las Islas Farallón. Con base en sus resultados, estos autores propusieron que las ballenas jorobadas del Pacífico centro y Pacífico oriental forman un stock estructurado en donde los animales de diferentes zonas de alimentación viajan a la misma región invernal, y animales de la misma zona de alimentación migran a diferentes regiones invernales.

El estudio de las ballenas jorobadas en instituciones mexicanas se inició en 1982 por investigadores de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la coordinación de Anelio Aguayo Lobo. Desde entonces, este grupo de trabajo ha centrado sus esfuerzos en la región de Bahía de Banderas, Nayarit, y a partir de 1986, también en la Isla Socorro, en el Archipiélago de Revillagigedo, Colima. A partir de 1987 se inician las investigaciones sobre esta ballena en la Península de Baja California por parte de personal de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. A lo largo de estos estudios se han generado valiosos avances acerca de la distribución espacial y temporal, abundancia y movimientos de las ballenas jorobadas en diferentes zonas del Pacífico mexicano. Entre estos, destacan los estudios pioneros que dieron origen a las tesis de licenciatura de Carlos Álvarez en la Isla Isabel, Nayarit (Álvarez, 1987), de Rafael Campos en Isla Socorro, Colima (Campos, 1989), de Paloma Ladrón de Guevara en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco (Ladrón de Guevara, 1995), y de Armando Jaramillo para todo el Pacífico mexicano (Jaramillo, 1995). Paralelamente a estos estudios, Urbán y Aguayo (1987) corroboran las agregaciones invernales descritas por Rice (1974) en el Pacífico mexicano y establecen su distribución temporal. Álvarez *et al.* (1990) presentan una estimación de abundancia de las ballenas que se distribuyen en la zona continental. Otros trabajos relacionados con la identidad poblacional de las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano son los de Rosenbaum *et al.* (1995) quienes presentan un estudio sobre las variaciones en la coloración de la cara ventral de la aleta caudal en el ámbito mundial, y el de Calambokidis *et al.* (2000) que hacen un análisis de los destinos migratorios de las ballenas jorobadas que se alimentan en las costas de California, Oregon y Washington.

Con base en análisis moleculares, Medrano *et al.* (1994) identifican el sexo de las ballenas por medio de muestras de piel colectadas en Bahía de Banderas e Isla Socorro; Medrano *et al.*

(1995) analizan la diversidad y distribución de los linajes del DNA mitocondrial entre las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano; Baker *et al.* (1993) analizan la diversidad del DNA mitocondrial con relación a la estructura poblacional mundial de las ballenas jorobadas; Baker *et al.* (1994) analizan la estructura jerárquica del flujo genético del DNA mitocondrial entre las poblaciones de ballenas jorobadas del mundo; y Baker *et al.* (1998) analizan la estructura poblacional de las ballenas jorobadas del Pacífico Norte a través de su variación del DNA mitocondrial y nuclear.

Finalmente, Medrano *et al.* (2000), a través de una integración de investigaciones sobre la genética y ecología poblacionales, conducta, hábitos, reproducción y algunos aspectos energéticos de las ballenas jorobadas en México, explican la historia de su estructura poblacional de estas ballenas asociándola a las glaciaciones, y sugieren que los machos tienen un intercambio mayor entre las agregaciones invernales, como resultado de una competencia intensa por la búsqueda de pareja en tanto que hay pocas hembras receptivas.

Estos trabajos, varios de ellos realizados bajo una colaboración entre investigadores nacionales y extranjeros, junto con numerosas ponencias presentadas en muy diversos foros, forman parte fundamental del escenario de información dentro del cual se realizó este trabajo.

ÁREA DE ESTUDIO

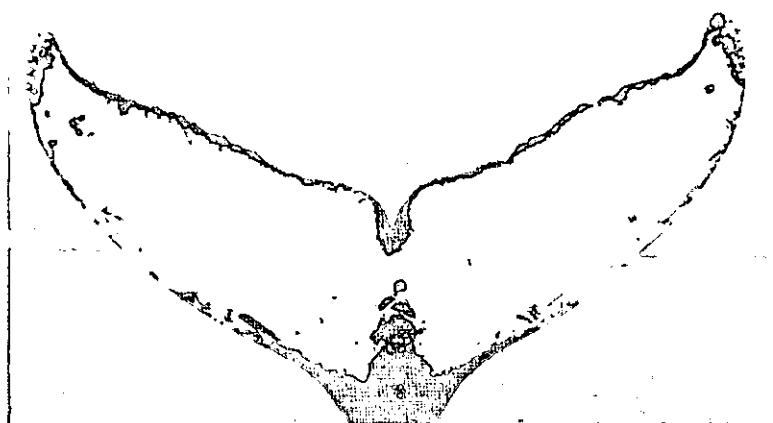
El área de estudio se describe en cada capítulo y varía de acuerdo a los objetivos del mismo. En los capítulos II y III la zona de estudio corresponde al Pacífico mexicano, mientras que en el capítulo IV corresponde al Pacífico Norte.

LA TÉCNICA DE FOTOIDENTIFICACIÓN.

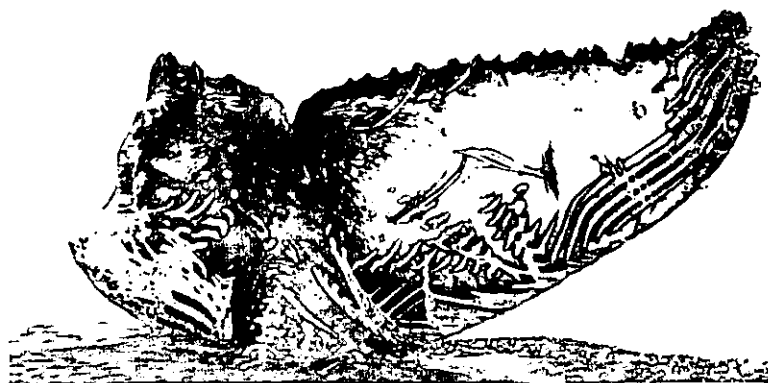
Este trabajo se basa en el reconocimiento individual de las ballenas jorobadas por medio de la técnica denominada de foto-identificación, foto-marcado o foto-individualización. Esta técnica se fundamenta en la notoria variación en los patrones y coloración de las ballenas jorobadas (ejem. Lillie, 1915; Mathews, 1937). Los primeros en describir el uso de estas variaciones para distinguir individuos de ballenas jorobadas en el mar fueron Schevill y Backus (1960):

“Megaptera novaeangliae is a species in which minor individual variations are often sufficiently conspicuous and distinctive to enable even a shipboard observer to recognize individual whales out of small groups. Of the four *Megaptera* that we saw...our subject was readily distinguishable by its larger size, by the shape of the dorsal fin or hump (specially variable in this species) and by the distinctive color pattern of the underside flukes...(p.279)

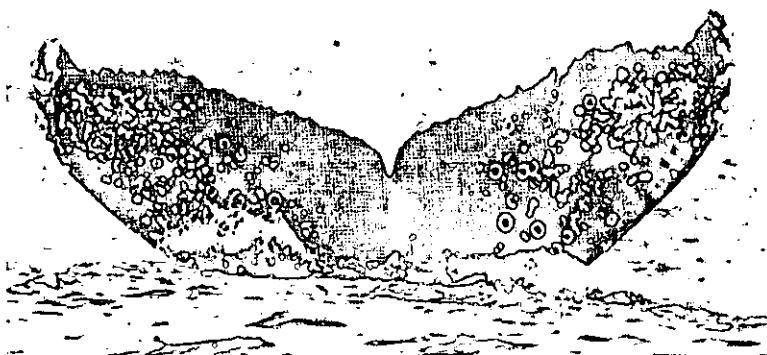
El uso de los patrones de coloración de la aleta caudal y de las formas de la aleta dorsal para identificar individuos de ballenas jorobadas fue bien desarrollado en el campo, a través de dos programas de investigación independientes, el de Charles Jurasz y sus colaboradores en Alaska sur-oriental (ejem. Jurasz y Palmer, 1981) y Steve Katona y sus colaboradores en el Atlántico Norte (ejem. Katona *et al.* 1979; Katona y Whitehead, 1981). Aunque las aletas dorsales pueden variar considerablemente, las características anatómicas más distintivas son las marcas, cicatrices y patrones de coloración blanco y negro de la cara ventral de la aleta caudal. Esta coloración puede variar de un individuo a otro desde completamente negro, a moteado, a totalmente blanco (Fig. 1). Aunque se han observado algunos cambios en el grado de pigmentación de animales jóvenes (Jurasz y Palmer, 1981; Carlson *et al.* 1990), cerca de los tres años de edad la coloración parece estabilizarse (Perry *et al.* 1990). En el Pacífico Norte, individuos adultos se han vuelto a ver con intervalos de hasta 16 años, mostrando pocas alteraciones en las marcas o coloración de su aleta caudal (Baker *et al.* 1988). De acuerdo con Blackmer *et al.* (2000) los rasgos más perdurables y confiables en la identificación de esta especie son la forma del borde posterior de la aleta caudal y los nódulos que se presentan en región dorsal del pedúnculo caudal.



(a)



(b)



(c)

**Figura 1. Diferentes coloraciones, bordes y cicatrices, útiles para diferenciar a cada ballena jorobada.
(Fotos a y c: Ken Balcomb; b: Jorge Urbán)**

Obtención de los datos.

Las fotografías usadas para el desarrollo de esta investigación son el resultado del esfuerzo de varios años, muchas personas y varias instituciones. Las fotografías de aleta caudal de las ballenas jorobadas utilizadas para su identificación se tomaron con cámaras fotográficas reflex equipadas con lentes de 210 mm, 300, mm, o lentes zoom de 70-210 mm o 75-300 mm. Se utilizó película blanco y negro de una sensibilidad de 400 ASA forzada a 1600 ASA para lograr un mayor contraste en las fotografías sin sacrificar velocidad del obturador. La impresión se hizo en papel polycontrast en formato de 3 ½ x 2 ½ pulgadas.

Las embarcaciones utilizadas durante el trabajo con los animales en el mar varió de lanchas inflables tipo zodiac de 12 y 18 pies de eslora con motores de 25 a 40 hp, a lanchas de fibra de vidrio tipo panga de 21 pies de eslora y motores fuera de borda de 45 a 85 hp. Las navegaciones se realizaron en los principales sitios de agregación de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano (ver Fig. 1, Capítulo II, pag. 27). Estas navegaciones por general se realizaron sin rumbo fijo, aunque dirigiéndose hacia los sitios donde se suponía habría la mayor concentración de ballenas. Una vez localizados los animales, se anotó su posición, hora y fecha del encuentro, número y estructura del grupo de ballenas, comportamiento que presentaron, características oceanográficas y meteorológicas y, finalmente, se fotografiaron los animales (Fig. 2).

Una descripción más detallada del equipo, materiales y navegaciones realizadas en las diferentes zonas de muestreo en el Pacífico mexicano se puede consultar en Álvarez (1987) para Isla Isabel, Nay., Ladrón de Guevara (1995) para la Bahía de Banderas y Chacala, Nay., Campos (1989) para la Isla Socorro, Col., y Salinas-Vargas (2000) para las costas del extremo sur de la Península de Baja California.

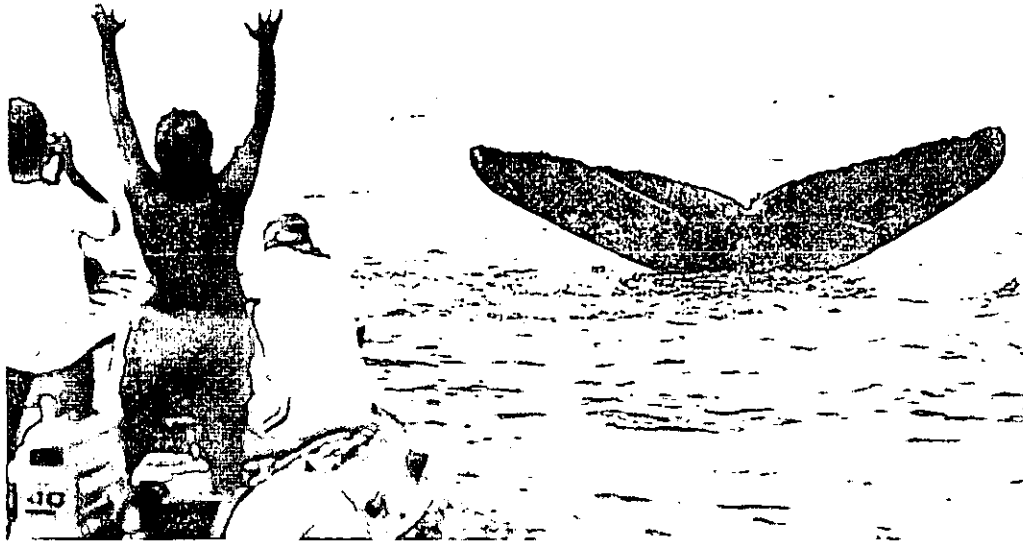


Figura 2. Fotografiando ballenas jorobadas en Bahía de Banderas. (Foto: Ken Balcomb)

Catalogación

Con el material fotográfico obtenido se procedió a conformar un catálogo con todas las ballenas jorobadas identificadas fotográficamente en el Pacífico mexicano, para lo cual fue necesario comparar cada animal fotografiado contra todos los demás con la finalidad de encontrar “recapturas” es decir, individuos que hubieran sido foto-identificados más de una vez.

En el catálogo a cada individuo se le asignó un número entero y esta representado por la fotografía de la porción ventral de la aleta caudal. La mejor fotografía de cada animal se almacenó en hojas plásticas y carpetas adecuadas para este fin. Las recapturas de cada ballena, consideradas como la fotografía del mismo animal en un día diferente, se almacenaron juntas en un sobre rotulado con el mismo número de catálogo. En el catálogo las fotografías se acomodaron de acuerdo a los cinco patrones de coloración, propuestos por Glockner y Venus (1983), que van del #1, totalmente blancas, al #5, totalmente negras, para facilitar la comparación de las fotos. Cada fotografía fue comparada con todas las demás por lo menos por tres personas diferentes. Las

características de cada individuo fotografiado y los resultados de las comparaciones se almacenaron en formato digital usando el paquete administrador de bases de datos Access 2.0 de Microsoft. Esta base de datos cuenta con la siguiente estructura de tablas:

Catálogo. Incluye la clave de catálogo de cada ballena identificada; el lugar donde se almacena la fotografía de cada animal; y las claves asignadas al mismo animal por otros investigadores. Esta tabla incluye la imagen digitalizada del individuo. En la Figura 3, se muestran dos ejemplos de ballenas catalogadas.

Registros. En esta parte se detalla cada uno de los avistamientos realizados de cada individuo. Incluye lugar, fecha, clave de avistamiento del grupo donde se observó al individuo y características de la calidad de la foto obtenida.

Avistamientos. De manera similar a los *registros*, se detallan en este caso las características del grupo de animales avistados, empezando por su número, sexo, conducta, así como las condiciones oceanográficas y meteorológicas que imperaban en el momento del avistamiento.

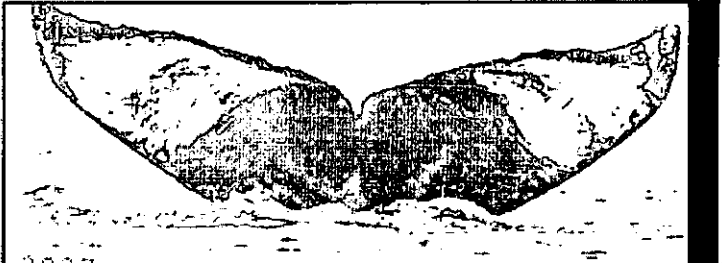
Bitácora. Aquí se detalla el tipo de embarcación que se utilizó, así como el esfuerzo total en tiempo y distancia que se realizó en cada navegación de cada embarcación.

La base de datos de las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano utilizada para este trabajo contó con 471 individuos de la región de Baja California, 383 de Continente y 450 de Revillagigedo.

CATÁLOGO DE BALLENAS JOROBADAS. UABCS

	FECHA	AREA
CLAVE	196	08-ene-90 BAHÍA DE BANDERAS - CHACALA
HOJA	B30-02	08-feb-90 BAHÍA DE BANDERAS - CHACALA
		25-jun-90 OREGON
		01-ene-86 CALIFORNIA-OREGON-WASHINGTON

Registro: 1 de 10




(a)

CATÁLOGO DE BALLENAS JOROBADAS. UABCS

	FECHA	AREA
CLAVE	258	01-ene-86 CALIFORNIA-OREGON-WASHINGTON
HOJA	B1M-01	16-ene-86 ISLA ISABEL
		01-ene-92 CALIFORNIA-OREGON-WASHINGTON
		08-feb-90 LOS CABOS

Registro: 1 de 8



(b)

Figura 3. Ejemplos del catálogo de ballenas jorobadas foto-identificadas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

REFERENCIAS

- Álvarez F., C. 1987. Fotoidentificación del Rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*, Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Isla Isabel, Nayarit, México, (Cetacea: Balaenopteridae). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias UNAM. 107pp.
- Álvarez, C., Aguayo, A., Rueda, R. y Urbán, J. 1990. A note on the stock size of humpback whales along the Pacific coast of Mexico. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 12): 191-193.
- Baker, C.S., Herman, L.M., Perry, A., Lawton, W.S., Straley, J.M. y Straley, J.H. 1985. Population characteristics and migration of summer and late-season humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in southeastern Alaska. *Mar. Mammal Sci.* 1:304-323.
- Baker C.S. y Herman L.M. 1987. Alternate population estimates of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaiian waters. *Can. J. Zool.* 65:2818-2821.
- Baker, C.S., Herman, L.M., Perry, A., Lawton, W.S., Straley, J.M., Wolman, A.A., Winn, H.E., Hall, J., Kaufman, G., Reinke, J. y Ostman, J. 1986. The migratory movement and population structure of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central and eastern North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 31:105-19.
- Baker, C.S., Perry, A. y Vequist, G. 1988. Humpback whales of Glacier Bay, Alaska. *Whalewatcher* 22(3):13-17.
- Baker, C.S., Palumbi, S.R., Lambertson, R.H., Weinrich, M.T., Calambokidis, J. y O'Brien, S.J. 1990. Influence of seasonal migration on geographic distribution of mitochondrial DNA haplotypes in humpback whales. *Nature*, London 344:238-240.
- Baker, C.S., Straley, J.M. y Perry, A. 1992. Population characteristic of individually identified humpback whales in southeastern Alaska: summer and fall 1986. *Fish. Bull., US* 90: 429-437.
- Baker, C.S., Perry, A., Bannister, J.L., Weinrich, M.T., Abernethy, R.B., Calambokidis, J., Lien, J., Lambersten, R.H., Urbán R., J., Vasquez, O., Clapham, P.J., Alling, A., O'Brien, S.J., y Palumbi, S.R. 1993. Abundant mitochondrial DNA variation and world-wide population structure in humpback whales. *Proc. Natl Acad. Sci. USA. Evolution.* Vol. 90:8239-8243.
- Baker, C.S., Salde, R.W., Bannister, J.L., Abernethy, R.B., Weinrich, M.T., Lien, J., Urbán, J., Corkeron, P., Calambokidis, J., Vazquez, O. y Palumbi, S.R.. 1994. Hierarchical structure of mitochondrial DNA gene flow among humpback whales *Megaptera novaeangliae*, world-wide. *Mol. Ecol* 3:313-327.
- Baker, C.S., Medrano-González, L., Calambokidis, J., Perry, A., Pichler, F., Rosebaum, H., Straley, J.M., Urbán, J., Yamaguchi, O. y von Ziegeler, O. 1998. Population structure of nuclear and mitochondrial DNA variation among humpback whales in the North Pacific. *Mol. Ecol.* 7(6):695-708.
- Berzin, A.A. y Rovnin, A.A. 1966. The distribution and migrations of the whales in the northeastern part of the Pacific, Chuckchee and Bering seas. Pp. 179-207 in: K.I. Panin (ed.) *Soviet research on marine mammals in the Far East*.
- Blackmer, A.L., Anderson, S.K. y Weinrich, M.T. 2000. Temporal variability in features used to photo-identify humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Mar. Mammal Sci.* 16(2): 338-354.

- Calambodikis, J. y Steiger, G.H. 1995. Population estimates of humpback and blue whales made through photo-identification from 1993 surveys off California. Report to Southwest Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, La Jolla, CA, 36 pp.
- Calambodikis, J., G.H. Steiger, J.C. Cubbage, K.C. Balcomb, y Bloedel, P. 1989. Biology of humpback whales in the Gulf of the Farallones. Report to Gulf of the Farallones National Marine Sanctuary, San Francisco, CA, 93pp.
- Calambodikis, J., Cubbage, J.C., Steiger, G.H., Balcomb, K.C. y Bloedel, P. 1990. Population estimates of humpback whales in the Gulf the Farallones, California. *Rep.int. Whal. Commn.* (special issue 12): 325-333.
- Calambodikis, J., Steiger G.H. y Evenson, J.R. 1993. Photographic identification and abundance estimates of humpback whales off California in 1991-1992. Final report 50ABNF110137 to the Southwest Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, P.O. Box 271, La Jolla, CA. 67pp.
- Calambodikis, J., Steiger, G.H., Evenson, J.R., Flynn, K.R., Balcomb, K.C., Claridge, D.E., Bloedel, P., Straley, J.M., Baker, C.S., von Ziegesar, O., Dahlheim, M.E., Waite, J.M., Darling, J.D., Ellis, G. y Green, G.A. 1996. Interchange and isolation of humpback whales off California and other North Pacific feeding grounds. *Mar. Mammal Sci.*12(2): 215-226.
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Rasmussen, K., Urbán R., J., Balcomb, K.C., Ladrón de Guevara P., P., Salinas Z., M., Jacobsen, J.K., Baker, C.S. Herman, L.M. Cerchio, S. y Darling, J. 2000. Migratory destinations of humpback whales that feed off California, Oregon and Washington. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 192:295-304.
- Campos R., R. 1989. Fotoidentificación y comportamiento del Rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes al Archipiélago de Revillagigedo, México. (Cetacea: Balaenopteridae). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 134pp.
- Carlson, C. A., Mayo, C. A. y Whitehead, H. 1990. Changes in the ventral fluke pattern of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, and its affect on matching. *Rep. int Whal. Commn* (special issue 12):105-112.
- CBI. 1980. Report of the Scientific Committee. *Rep. Int. Whal. Commn* 30:105.
- CBI. 1988. Chairman's report of the 39th meeting. *Rep. Int. Whal. Commn* 38:10-31.
- CBI. 1995. International Convention for the Regulation of Whaling, 1946. Schedule (as amended). *Rep. Int. Whal. Commn.* 47:1-27.
- CBI. 2000. Report of the Scientific Committee. *Rep. Int. Whal. Commn* 52:29.
- Cerchio, S. 1998. Estimates of humpback whale abundance off Kauai, Hawaii, 1989 to 1993: evaluating biases associated with sampling the Hawaiian Islands wintering assemblage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 175:23-34.
- Cerchio, S. 1993. Geographic variation and cultural evolution of songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the eastern North Pacific. Tesis de Maestría. San José State Univ., San José, CA.
- CITES. 2000. <http://www.wcmc.org.uk/CITES>
- Clapham, P.J., Leatherwood, S., Szczepaniak, I. y Brownell Jr., R.L. 1997. Catches of humpback and other whales from shore stations at Moss landing and Trinidad, California, 1919-1926. *Mar. Mammal. Sci.* 13:368-394.

- Darling, J.D. y Jurasz, C..M.. 1983. Migratory destination of North Pacific Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). pp. 359-368. In: R. Payne (ed). *Communication and Behaviour of whales*. AAAS Selected Symposia Series. Westview Press. Boulder, Colo. 643pp.
- Darling, J.D. y McSweeney, J.D. 1985. Observations on the migration of North Pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Can. J. Zool.*, 63:308-314.
- Darling, J.D. y Morowitz, H. 1986. Census of "Hawaiian" humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification. *Can. J. Zool.*, 64:105-111.
- Darling, J.D. y Cerchio, S. 1993. Movement of a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) between Japan and Hawaii. *Mar. Mammal Sci.* 9:84-89.
- Darling, J.D. y Mori, K. 1993. Recent observations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Japanese waters off Ogasawara and Okinawa. *Can. J. Zool.*, 71:325-333.
- Darling, J.D., Calambokidis J., Balcomb, K.C., Bloedel, P., Flynn, K., Mochizuki, A., Mori, K., Sato, F., Suganuma, H., y Yamaguchi, M. 1996. Movement of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) from Japan to British Columbia and return. *Mar. Mammal Sci.* 12(2):281-287.
- Donovan, G.P. 1991. A review of the IWC stock boundaries. *Rep.int. Whal. Commn.* (special issue 13):39-68.
- Doroshenko, N.V. 2000. Soviet catches of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the North Pacific. pp. 48-95. In: Yablokov, A.V. and V.A. Zemsky (eds.) *Soviet Whaling Data (1949-1979)*. Center for Russian Environmental Policy. Moscow. 408pp.
- Gambell, R. 1976. World whale stocks. *Marine Review* 6:41-53.
- Glockner, D. y Venus, S.C. 1983. Identification, growth rate, and behavior of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) cows and calves in the waters off Maui, Hawaii, 1977-79. pp. 223-58. En: R. Payne (ed.) *Communication and Behavior of Whales*. Westview Press, Boulder. i-xii + 643pp.
- Gregr, E.J., Nichol, L., Ford, J.K.B., Ellis, G. y Trites, A.W. 2000. Migration and population structure of northeastern Pacific whales off coastal British Columbia: An analysis of commercial whaling records from 1908-1967. *Mar. Mammal Sci.* 16(4):699-727.
- Hammond, P.S. 1986. Estimating the size of naturally marked whale population using capture-recapture techniques. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 8):253-82.
- Helweg, D.A., Herman, L.M., Yamamoto, S. y Forestell, P.H. 1990. Comparison of songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) recorded in Japan, Hawaii, and Mexico during the winter of 1989. *Sci. Rep.Cet. Res.* 1:1-20.
- Ivashin M.V. y Rovnin, A.A. . 1967. Some results of the Soviet whale marking in the waters of the North Pacific. *Norsk Hvalfangsttid.* 57(6):123-129.
- Jaramillo L., A. 1995. Relación entre las agregaciones invernales del rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano, en base a la fotoidentificación y morfología caudal. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 51pp.
- Johnson, J.H. y Wolman, A.A. 1984. The humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. *Mar. Fish. Rev.* 46: 30-37.

- Jurasz, C.M. y Palmer, V.P. 1981. Censusing and establishing age composition of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) employing photodocumentation in Glacier Bay National Monument, Alaska. Report to the National Park Service, Anchorage. 44pp.
- Katona, S. K. 1991. Large-scale planning for assessment and recovery of humpback whale populations. *Memoirs of the Queensland Museum* 30(2):297-305.
- Katona, S. K. y Whitehead, H.P. 1981. Identifying humpback whale using their natural markings. *Polar Record* 20 (128):439-444.
- Katona, S.K., Baxter, B. Brazier, O., Kraus, S. Perkins, J. y Whitehead, H. 1979. Identification of humpback whales by fluke photographs. pp. 33-44. In: Winn, H.E. and Olla, B. (eds.) *The Behaviour of Marine Mammals*. Vol.3. Plenum Press, New York and London. 438pp.
- Kellog, R. 1928. What is know about the migrations of some of the whalebone whales. Pp. 467-494 In Annual Report of the Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- Klinowska, M. 1991. *Dolphins, porpoises and whales of the world. The IUCN Red Data Book*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K. 429pp.
- Ladrón de Guevara P., P. 1995. La ballena jorobada, (*Megaptera novaeangliae*) (Borowski 1781) en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México (Cetacea-Balaenopteridae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 155pp.
- Leyva G., F.A. 2000. Hacia un análisis de la investigación y conservación de los mamíferos marinos en México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 233pp.
- Lillie, D.G. 1915. Cetacean. British Antarctic (Terra Nova) Expedition, 1910. *Natl. History Rep. Zool.* 1:85-124
- Mackintosh, N. A. 1965. *The stocks of Whales*. Fishing News (Books) Ltd., London, 232pp.
- Matthews, L.H. 1937. The humpback whale, *Megaptera nodosa*. *Discovery Rep.* 17:7-92.
- Medrano, L., Salinas, M., Salas, I., Ladrón de Guevara, P., Aguayo, 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. J. Zool.* 72:1771-1774.
- Medrano-González, L., Aguayo L., A., Urbán R., J. y Baker, C.S. 1995. Diversity and distribution of mitochondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific Ocean. *Can. J. Zool.* 73:1735-1743.
- Medrano G., L., Urbán R., J., Vázquez C., M., Robles S., R., Ladrón de Guevara P., P., Nolasco S., J., Gómez L., R., Villavicencio L., K., Juárez S., R., Jacobsen, J.K., Cerchio, S. Y Baker, C.S. 2000. Hábitos reproductivos e historia poblacional reciente de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano. Proyecto CONACYT 3725P-N9608. Ponencia presentada en el Primer Congreso Nacional de Ciencias Naturales. Veracruz, Ver. 12pp.
- Nishiwaki M. 1966. Distribution and migration of the larger cetaceans in the North Pacific as shown by Japanese whaling results. pp. 171-191. In K.S. Norris (ed). *Whales, dolphins, and porpoises*. University of California Press, Berkeley, California.
- Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994. Determina especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial. (D.O.F. 16 de mayo de 1994).
- Ohsumi, S. y Masaki, Y. 1975. Japanese whale marking in the North Pacific, 1963-1972. *Bull. Far Seas Fish. Res.* 12:171-219.

- Omura, H. y Ohsumi, S. 1964. A review of Japanese whale marking in the North Pacific to the end of 1962, with some information on marking in the Antarctic. *Norsk Hvalfangsttid.* 4:90-112.
- Palumbi, S.R. y Baker, C.S. 1994. Contrasting population structure from nuclear intron sequences and mtDNA of humpbacks whales. *Molecular Biology and Evolution* 11:426-435.
- Payne, R.S. y McVay, S. 1971. Songs of the humpback whales. *Science* 173:585-597.
- Payne, R. y Guinee, L.N. 1983. Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) songs as an indicator of "stocks". pp.333-53. In: R. Payne (ed.) *Communication and Behavior of Whales* AAAS Selected Symposium 76, Westview Press, Boulder, Colorado. 643pp.
- 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. int. Whal. Commn* (special issue 12):307-318.
- Perry, S.L., DeMaster, D.P. y Silver, G.K. 1999. The great whales: History and status of six species listed as endangered under the U.S. Endangered Species Act of 1973. *Mar. Fish. Rev.*, Special Issue 61(1):1-74.
- Pike, G.C. 1953. Colour pattern of the humpback whales from the coast of British Columbia. *Jour. Fish. Res. Board Can.* 171:1-54.
- Rice, D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. Pages 170-195. In W.E. Schevill, D.G. Ray, K.S. Norris (eds.). *The Whale Problem*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Rice D.W. 1978. The humpback whale in the North Pacific: distribution, exploitation, and numbers. In K.S. Norris y R. Reeves (eds.) *Report on a workshop on problems related to humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaii*. Report to the Marine Mammal Commission, Washington D.C. 21pp.
- Rosenbaum, H.C., Clapham, P.J., Allen, J., Nicole-Jenner, M., Flores-González, L., Urbán R., J., Ladrón, P., Mori, K., Yamaguchi, M. y Baker, C.S. 1995. Geographic variation in ventral fluke pigmentation of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) populations worldwide. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 124:1-7.
- Salinas-Vargas, J.C. 2000. Distribución espacio-temporal y abundancia relativa del rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Los Cabos, B.C.S., México 1989-1993. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 64pp.
- Salinas-Zacarías, M. 2000. Estudio comparativo del sonido emitido por los machos del rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae*, durante el invierno en dos áreas de reproducción del Pacífico de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. 60pp.
- Scammon, C.M. 1874. *The Marine Mammals of the North-western Coast of North America, Described and Illustrated: Together with an Account of the American Whale-fishery.* John H. Carmany and Co., San Francisco, CA. 319pp. (Reprinted in 1968 by Dover Publications Inc., New York).
- Schevill, W. E. y Backus, R. H. 1960. Daily Patrol of a *Megaptera*. *J. Mamm.* 41(2):279-281.
- Steiger, G.H., Calambokidis, J., Sears, R., Balcomb, K.C. y Cubbage, J.C. 1991. Movement of humpback whales between California and Costa Rica. *Mar. Mammal Sci.* 7:306-310.
- Straley, J.M. 1994. Seasonal characteristics of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in southeastern Alaska. Tesis de Maestría, University of Alaska Fairbanks. 121pp.

- Tomilin, A.G. 1957. Mammals of the USSR and adjacent countries. Volume 9. Akademii Nauk SSSR, Moskow (translated by the Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1967). 717pp.
- Townsend, C.H. 1935. The distribution of certain whales as shown by logbook records of American whales ships. *Zoologica*, 19:1-50.
- Urbán R., J. y Aguayo L., A. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Mar. Mammal Sci.* 3 (4):333-344.
- Urbán R., J., Aguayo L., A. y Balcomb, K.C. 1990. The humpback and other baleen whales in the Sea of Cortez. *Whalewatcher* 24(2):3-6.
- Urbán R., J., Aguayo L., A., Salinas Z., M., Campos R., R., Balcomb, K. C., Jacobsen, J. K., Ladrón de Guevara, P. y Alvarez F., C. 1989. Abundance and interactions of the humpback whale, in the Mexican breeding grounds. In Resúmenes de la 8th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. Monterey, Ca. Dec. 1989.
- Whitehead, H. 1987. Update status of the Humpback Whale, *Megaptera novaeangliae*, in Canada. *Can. Field-Nat.* 101(2):284-294.
- Winn, H.E. y Reichley, N. 1985. Humpback Whale, *Megaptera novaeangliae*. 241-274. In Ridgway, S.H. y Harrison, R. (eds.) *Handbook of Marine Mammals. Vol. 3: The Sirenians and Baleen Whales*. (Academic Press: London). 362 pp.

CAPÍTULO II

ESTRUCTURA POBLACIONAL

INTRODUCCIÓN

El primer documento donde se menciona la presencia de la ballena jorobada en aguas del Pacífico mexicano es en el libro publicado por el Capitán Charles M. Scammon en 1874, donde menciona la presencia de ballenas jorobadas con crías en el mes de diciembre en Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, y en el mes de mayo en Bahía Magdalena, B.C.S. (Scammon, 1874). De esta manera se inicia el interés por su captura en aguas mexicanas.

La siguiente información acerca de estas ballenas en México corresponde a Townsend (1935), quién examinó las bitácoras de captura de numerosas embarcaciones de la flota ballenera estadounidense del siglo XIX. Este documento registra la posición geográfica y mes de captura de 147 ballenas jorobadas en aguas mexicanas. De estas, 107 se cazaron en la costa occidental de la Península de Baja California y alrededor del extremo sur de la península; 37 en la costa continental, entre Sinaloa y Jalisco; y 3 en las “Islas Revillagigedo”. Las capturas se realizaron, con el “método antiguo” de arpón a mano, en los meses de diciembre (23 animales), enero (52), febrero (46) y marzo (26).

Posteriormente, Rice (1978), informa sobre los registros de captura de ballenas jorobadas en México en el siglo XX con el “método moderno”, es decir, con cañones para lanzar los arpones y barcos fábrica para procesar a las ballenas en altamar. Se tienen registros de 2,042 ballenas capturadas, todas ellas en la costa occidental de la Península de Baja California durante la temporada invernal. La captura más temprana fue el 1 de octubre (en 1925) y la más tardía el 4 de julio (en 1929). En el año de 1914 se capturaron 467 ballenas; entre 1925 y 1929, 1569 ballenas; y en 1935, 6 ballenas. Es importante mencionar que en los años que no se reportan capturas no significa que no las hubo, sino que no se registraron.

En 1965, año en el que la IWC prohibió su caza en el Pacífico Norte, D.W. Rice encabezó una expedición en el Pacífico mexicano compuesta de dos embarcaciones. El *Lynnann*, que partió de Ensenada, B.C., el 26 de enero y navegó por la costa occidental de la Península de Baja California hasta Cabo San Lucas, cruzó el Golfo de California hasta Mazatlán, y de este puerto partió hacia las Islas Tres Marías y luego, hacia la Isla San Benedicto, Isla Socorro e Isla Clarión,

para luego regresar a San Diego, California el 15 de marzo, vía Mazatlán y Cabo San Lucas. La otra embarcación, la Sioux City, partió de Ensenada el 28 de enero siguiendo una ruta parecida a la embarcación anterior, sin embargo, en lugar de visitar el Archipiélago de Revillagigedo, viajó hacia la Bahía Banderas. Regresó al Puerto de San Diego el 6 de marzo. Durante el viaje se avistaron 33 grupos de ballenas jorobadas con un total de 102 individuos: 10 en la costa occidental de Baja California, 65 en las costas de Sinaloa, Nayarit y Jalisco y 27 en las islas del Archipiélago de Revillagigedo, particularmente en la Isla Socorro (Rice, 1966, 1974).

Considerando los registros históricos de la caza ballenera y sus propias observaciones, Rice sugiere que existen tres agregaciones invernales: 1) La costa occidental de Baja California, aproximadamente desde la Isla Cedros hacia el sur hasta Cabo San Lucas y hacia adentro del Golfo de California al menos hasta Isla San José. 2) La costa continental desde el sur de Sinaloa hasta Jalisco, especialmente en la vecindad de las Islas Marías, Isla Isabel y la Bahía de Banderas. 3) El Archipiélago de Revillagigedo, incluyendo a las Islas Socorro, San Benedicto y Clarión (Rice, 1974)

Urbán y Aguayo (1987), con base en observaciones realizadas durante cruceros oceanográficos y a bordo de embarcaciones menores partiendo de campamentos en tierra, corroboran las áreas de agregación de ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano descritas por Rice (1974). Además identifican una más, en la parte norte del Golfo de California, atípica, pues en ella se observan pocas ballenas, pero durante las cuatro estaciones del año. Por esta razón se considera, que más que una región donde se concentren ballenas jorobadas durante el invierno con fines reproductivos, corresponde a una zona rica en alimento que permite que algunos individuos, generalmente jóvenes, no realicen su migración normal, pudiendo permanecer todo el año en el interior del Golfo de California.

Recientemente se identificó una nueva agregación invernal en aguas costarricenses del Pacífico Nor-oriental, y se iniciaron esfuerzos para foto-identificar ballenas de esta zona (Steiger, *et al.* 1991; Acevedo y Smultea, 1995; Rasmussen *et al.* 1995, 2000). El estudio del grado de intercambio con las agregaciones de ballenas jorobadas del Pacífico mexicano se encuentra en desarrollo.

En este capítulo se trata de determinar la estructura poblacional, es decir, las unidades (stocks o subpoblaciones) que conforman las agregaciones de ballenas jorobadas que invernán en el Pacífico mexicano.

MÉTODOS

Métodos fotográficos.

Las ballenas jorobadas se identificaron individualmente a partir de fotografías de la cara ventral de su aleta caudal, la cual presenta un patrón de pigmentación blanco y negro y marcas naturales característicos de cada individuo de acuerdo a lo descrito por Katona *et al.* (1979). Las fotografías se tomaron con cámaras de 35 mm con teleobjetivos de 200 a 300 mm. El tipo de película utilizado varió entre regiones y temporadas de estudio. Las fotografías, en formato de impresión en blanco y negro, fueron comparadas por personal de los laboratorios de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur y de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Cada ballena foto-identificada fue comparada con todas las demás por lo menos tres veces, cada una de ellas por una persona diferente.

Lugares y períodos de estudio.

Costa continental de México (Continente). Entre 1983 y 1992 se identificaron un total de 383 ballenas en la costa continental de México. Esta región incluye la Bahía de Banderas, que comparte a los Estados de Jalisco y Nayarit, y Chametla, Isla Isabel e Islas Tres Marías correspondientes al Estado de Nayarit.

Península de Baja California (Baja California). Se identificaron 471 ballenas entre 1987 y 1993 en la parte sur de la Península de Baja California, desde Bahía Magdalena en la costa occidental hasta la Bahía de La Paz en el Golfo de California, esta zona corresponde la Estado de Baja California Sur.

Archipiélago de Revillagigedo (Revillagigedo). Se identificaron 450 ballenas entre 1986 y 1992 en las aguas circundantes al archipiélago, principalmente en las costas de Isla Socorro. Este archipiélago es parte del Estado de Colima.

En la Figura 1, se muestran las tres regiones de agregación invernal de ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano. Los períodos del trabajo de campo, así como las instituciones participantes en las tres regiones del Pacífico mexicano se muestran en el Cuadro I. La descripción de estas regiones se pueden consultar en Álvarez (1987) para la Isla Isabel; Ladrón de Guevara (1995) para la Bahía de Banderas; Salinas-Vargas (2000) para la Península de Baja California; Campos (1989) para la Isla Socorro; y Urbán y Aguayo (1987) para las tres regiones de agregación invernal.

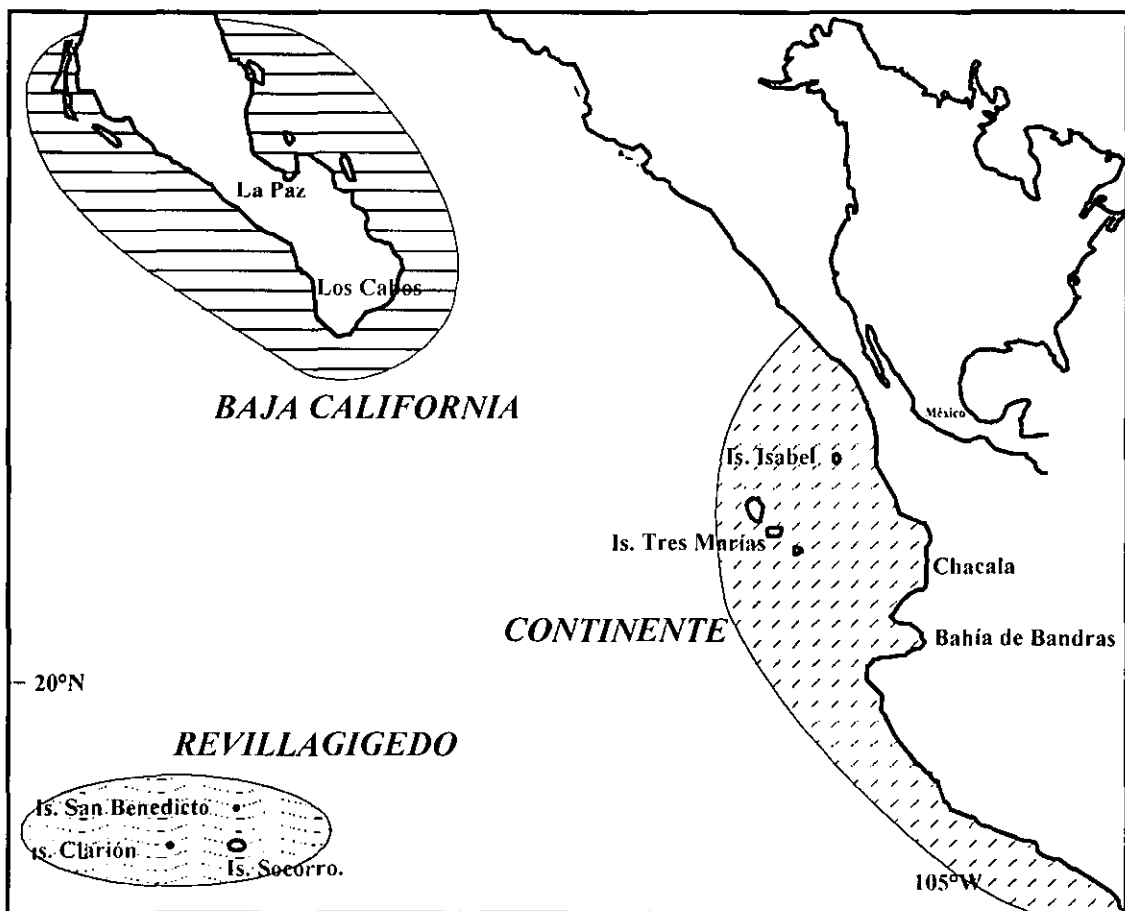


Figura 1. Regiones de agregación invernal de ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano.

Cuadro I. Períodos de estudio e instituciones que participaron en cada región.

Región	Temporada	Periodo de estudio	Institución
<i>Continente</i>	1986	12/20/85 - 03/04/86	UNAM
	1987	12/25/86 - 03/20/87	UNAM
	1988	01/22/88 - 02/08/88	UNAM
	1989	01/24/89 - 03/05/89	UNAM
	1990	11/25/89 - 03/21/90	CWR/UABCS/UNAM
	1991	11/28/90 - 02/26/91	UNAM
	1992	12/26/91 - 03/06/92	UNAM
<i>Baja California</i>	1987	02/10/87 - 03/05/87	CWR/UABCS
	1988	02/06/88 - 03/08/88	CWR/UABCS
	1989	01/23/89 - 03/25/89	CWR/UABCS
	1990	02/20/90 - 03/31/90	CWR/UABCS
	1991	01/24/91 - 03/23/91	UABCS
	1992	01/20/92 - 04/02/92	UABCS
	1993	01/15/93 - 04/05/93	UABCS
<i>Revillagigedo</i>	1986	01/16/86 - 02/20/86	UNAM
	1987	01/20/87 - 03/05/87	UNAM
	1988	02/01/88 - 03/09/88	UNAM
	1989	01/16/89 - 03/07/89	UNAM
	1990	01/31/90 - 03/20/90	UNAM
	1991	01/15/91 - 04/25/91	UNAM
	1992	04/25/92 - 05/07/92	UNAM/UABCS/C. S.

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México; UABCS: Universidad Autónoma de Baja California Sur
 CWR: Center for Whale Research; C. S.: Cousteau Society

Índice de Intercambio

Con la finalidad de tener una cuantificación relativa de la cantidad de movimientos entre regiones se calculó un Índice de Intercambio:

$$\text{Índice de Intercambio} = (m_{12} / (n_1 * n_2)) * 1000$$

Donde:

n_1 = Ballenas identificadas (Marcadas) en la muestra 1

n_2 = Ballenas identificadas en la muestra 2

m_{12} = Ballenas marcadas observadas en la muestra 1 y 2 (recapturas)

Este índice equivale a la forma inversa del índice de Petersen para estimar tamaño de poblaciones con base en la captura-recaptura de animales. Anteriormente, este índice se ha utilizado para observar la tasa de intercambio entre ballenas jorobadas de diferentes regiones por diversos autores (Baker *et al.* 1985, 1986; Calambokidis *et al.* En prensa). Un alto valor de este índice ocurre como consecuencia de la presencia de una población pequeña o a una alta probabilidad de que el mismo individuo sea recapturado en ambas muestras, mientras que un bajo valor indica una baja probabilidad de recaptura como consecuencia de una población muy grande o a que no haya intercambio de animales entre las dos muestras.

Prueba de Chi-cuadrada

Se contabilizó el número de recapturas entre agregaciones para todos los años combinados. Para medir si las ballenas se distribuyen homogéneamente entre las regiones de agregación, es decir que conforman una población única, se comparó el número de recapturas observadas contra el número de recapturas que se esperarían encontrar en caso de homogeneidad. Si existe la misma probabilidad de encontrar a un animal en cualquier zona, entonces el número de recapturas debe ser proporcional a las comparaciones pareadas que se hagan entre las diferentes regiones. Utilizando esta aproximación se calcularon las recapturas esperadas y se compararon con las observadas utilizando el criterio χ^2 .

Para esta prueba se utilizó el número de “comparaciones pareadas”, las cuales consisten en el número de veces que dos fotografías se confrontaron entre sí al comparar los tres catálogos de ballenas foto-identificadas. Por ejemplo cuando se compararon las 383 ballenas fotografiadas en la región del *Continente* con las 471 ballenas fotografiadas en *Baja California*, se realizaron: $383 \times 471 = 180,393$ comparaciones pareadas.

RESULTADOS

Intercambio de ballenas entre regiones

En el Cuadro II se presenta el total de individuos identificados por año en cada región. El trabajo de campo se inició en la región de *Continente* en 1983, en la región de *Revillagigedo* en 1986 y en la región de *Baja California* en 1987. Los años con un mayor esfuerzo de foto-identificación correspondieron a 1990 en *Continente*, 1991 en *Revillagigedo*, y 1992 en *Baja California*.

Cuadro II. Ballenas jorobadas foto-identificadas en cada año y en cada región del Pacífico mexicano.

Año	<i>Continente</i>	<i>Baja California</i>	<i>Revillagigedo</i>	Total
1983	9			9
1984	11			11
1985	11			11
1986	70		32	102
1987	58	10	37	105
1988	19	54	66	139
1989	45	36	95	176
1990	140	57	39	236
1991	1	97	155	253
1992	18	140	25	183
1993	0	77	0	77
Total	382	471	449	1302

Los resultados de la comparación de las ballenas foto-identificadas en cada región se muestran en el Cuadro III y la Figura 2. El mayor número de recapturas se observó entre la región de *Continente* y *Baja California* (64), y el menor entre *Baja California* y *Revillagigedo* (20). De manera similar se observa que el Índice de Intercambio fue mayor entre *Continente* y *Baja California* (0.38), y el menor entre *Baja California* y *Revillagigedo* (0.12) (Cuadro IV).

Cuadro III. Ballenas jorobadas foto-identificadas en dos o tres regiones de agregación invernal en el Pacífico mexicano. Se muestran en negritas las ballenas que se observaron en la misma temporada.

No.	No. de Catálogo UABCS	No. De Catálogo UNAM	Año de foto-identificación	
			<i>Continente</i>	<i>Baja California</i>
1	1017	1M86I005	86	93
2	1058	2M87I019	87,88	93
3	1069	3M88I022	88	93
4	1105	3M85I004	89,91	93
5	0004	2M89P009	90	89
6	0009	1M87P001	92	87
7	0010	1M87I010	87	88
8	0019	3M87B011	87,89	90
9	0028	2M86R004	89	90
10	0029	2M87I030	87	88
11	0035	3M89P019	90	89
12	0039	3M88P012	90	88
13	0041	3M85P001	86	85
14	0047	4M88B011	88,90	90
15	0054	4M86I007	86	90
16	0057	3M88P018	90	88
17	0058	4M87B014	87	88,90
18	0060	3M89B009	89	90
19	0067	3M84I001	83,84,89	89
20	0068	4M89B016	89,90	89
21	0070	3M87B007	87,90	88
22	0072	4M87P027	90	89
23	0083	4M88P011	89	88
24	0084	4M88P003	89	88
25	0092	5M86I016	86	88
26	0100	5M90B049	90	90
27	0107	5M86I022	86	90
28	0111	4M86B007	86	87
29	0116	5M87B012	87	89
30	0120	5M87B010	87	89
31	0125	5M88P013	89	88
32	0129	5M88P012	90	88
33	0134	5M88P016	90	88
34	0137	5M88P011	89	88,89
35	0144	5M89B019	89,90	90
36	0147	3M87P004	90	87
37	0175	4M86I015	86,90	91
38	0180	5M86I014	86	91
39	0196	3M90B014	90,91	91
40	0204	5M90B061	90	91
41	0211	4M90B059	90	91
42	0221	3M90B031	90	91

43	0248	1M86B001	85,86,90,92	92
44	0256	1M90B012	90	92
45	0258	1M85I001	85,86	92
46	0268		89	92
47	0295		89	92
48	0303		90	92
49	0326	4M90B026	90	92
50	0335	4M90B060	90	92
51	0345	5M90B051	90	92
52	0362	4M90B032	90	92
53	0376	5M90B070	90	92
54	0389	2M90B024	90	92
55	0398		90	93
56	0410	3M90B029	90	93
57	0427	3M86I006	90	93
58	0518	5M90B044	90	93
59	0535	1M87B005	87	93
60	0631	3M89P016	92	89
61	0803	4M91R122	92	93
62	0883	2M86I006	86,89	93
63	0926	3M86I009	86	90
64	1124	5M86I033	86	88

No.	No. de Catálogo UABCS	No. de Catálogo UNAM	Año de fotoidentificación	
			<i>Continente</i>	<i>Revillagigedo</i>
1	0028	2M86R004	98	86
2	0406	2M89R026	90	89
3	0409	2M86R001	90	86,89
4	0417	2M88B009	88,90	89
5	0448	4M90B040	90	91
6	0459	4M90B041	90	90
7	0461	3M90B032	90	91
8	0517	4M90B053	90	92
9	0534	2M87I017	87	90
10	0607	3M89B013	89	91
11	0608	3M86R002	87	86
12	0620	4M87B018	87	89
13	0635	4M86I011	86	91
14	0655	4M86I008	86	90
15	0671	2M87I028	87,89	88,90,91
16	0694	3M89R043	92	89
17	0803	4M91R122	92	91
18	0861	4M86I009	86	89
19	0912	5M88R043	90	88
20	0926	3M86I009	86	89
21	1026	1M88B018	88	92
22	1139	5M84I012	83	91
23	1200	4M90R079	90	90

No.	No. De Catálogo UABCS	No. De Catálogo UNAM	Año de foto-identificación	
			<i>Baja California</i>	<i>Revillagigedo</i>
1	0001	1M88P003	88	91
2	0014	3M90P027	90	91
3	0028	2M86R004	90	86
4	0031	3M86R001	90	86
5	0093	4M88P005	88	89
6	0102	5M88P040	88	89
7	0105	5M90P051	90	91
8	0108	4M86R004	90	86
9	0145	5M89R072	90	89
10	0220	2M90R039	91	90
11	0275	2M90R032	92	90
12	0540	1M86R003	90	86,87,88
13	0649		93	91
14	0660	3M86R004	93	86
15	0700	3M89R047	93	89
16	0803	4M91R122	93	91
17	0848		93	91
18	0926	3M86I009	90	89
19	0976		93	91

Cuadro IV. Recapturas (arriba de la diagonal) e Índice de Intercambio (debajo de la diagonal) entre las tres regiones de agregación invernal de ballenas jorobadas del Pacífico mexicano. Tamaño de la muestra entre paréntesis.

	<i>Baja California</i> (471)	<i>Continente</i> (383)	<i>Revillagigedo</i> (450)
<i>Baja California</i>	----	64	20
<i>Continente</i>	0.38	----	23
<i>Revillagigedo</i>	0.12	0.18	----

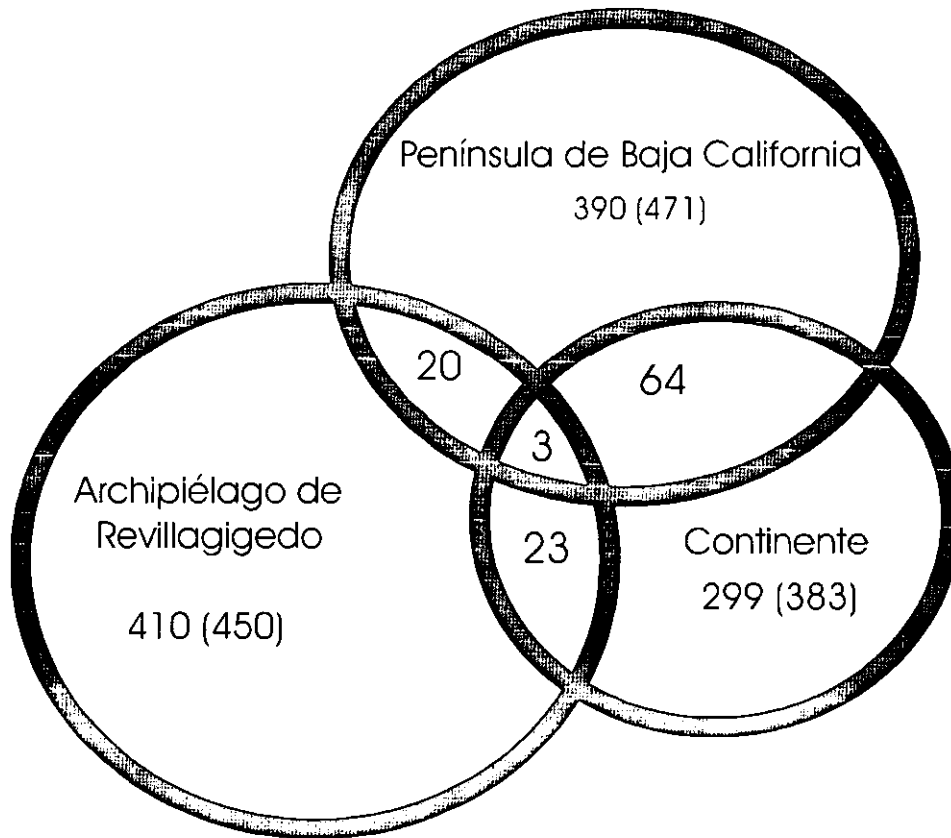


Figura 2. Esquema de recapturas entre las tres regiones de agregación invernal del Pacífico mexicano. Entre paréntesis el número total de individuos foto-identificados en cada una de las regiones.

Preferencia por alguna región

Con el objeto de estimar si las ballenas se mueven entre las tres regiones de manera homogénea, es decir, sin alguna preferencia particular, se realizó la prueba de χ^2 . Se comparó el número de recapturas observadas contra las esperadas, en el caso de que los animales se movieran aleatoriamente en las tres agregaciones. Se muestra, en cada caso, el número de comparaciones pareadas, la fracción de comparaciones con respecto al total (564,693), el número de recapturas observadas y esperadas, las diferencias entre estas, y el valor de χ^2 (Cuadro V). Se puede apreciar que el valor de esta prueba resultó ser estadísticamente significativo, lo que indica que las probabilidades de recapturas entre agregaciones, para cada par de regiones, son muy diferentes.

Cuadro V. Prueba de χ^2 para el análisis de los movimientos de las ballenas jorobadas entre sus tres regiones de agregación invernal.

Regiones comparadas	No. de comparaciones pareadas	Proporción	Recapturas		Observadas/ Esperadas	χ^2
			Observadas	Esperadas		
Baja California- Continente	180,393	0.319	64	34.13	29.87	26.13
Baja California- Revillagigedo	211,950	0.375	20	40.13	-20.13	10.09
Continente- Revillagigedo	172,350	0.305	23	32.74	-9.74	2.90
Totales	564,693	0.999	107	107.00	0.00	39.13

$\chi^2 = 39.12664$, g.l. = 2, $p < 0.000001$

Movimientos

De entre las 107 recapturas encontradas, 10 registraron movimientos de ballenas entre regiones en la misma temporada invernal. Ocho corresponden a movimientos entre la región de *Continente* y *Baja California*; y dos a ballenas que se desplazaron entre las regiones de *Revillagigedo* y *Continente* (Cuadro IV).

Cuadro VI. Ballenas jorobadas observadas en dos regiones de agregación del Pacífico mexicano en la misma temporada invernal.

No. Catálogo UABCS	Continente – Baja California				
	Región 1	Fecha	Región 2	Fecha	Días
47	Bahía de Banderas	31-01-90	San José del Cabo	27-03-90	55
67	Isla Isabel	16-02-89	San José del Cabo	24-02-89	8
68	Bahía de Banderas	28-02-89	San José del Cabo	18-03-89	18
100	Bahía de Banderas	13-01-90	San José del Cabo	16-03-90	62
137	Bahía de Banderas	26-02-89	San José del Cabo	25-03-89	27
144	Bahía de Banderas	15-02-89	San José del Cabo	17-03-89	30
196	Bahía de Banderas	19-02-91	San José del Cabo	07-03-91	16
248	Bahía de Banderas	16-02-92	San José del Cabo	16-03-92	29

Continúa...

No. Catálogo UABCS	Continente – Revillagigedo				
	Región 1	Fecha	Región 2	Fecha	Días
1200	I. Socorro	21-02-90	Chacala	09-03-90	16
459	Bahía de Banderas	26-01-90	I. Socorro	04-03-90	37

En las ocho recapturas entre *Continente* y *Baja California*, las ballenas fueron identificadas primero en *Continente*. El número de días entre recapturas varió de 8 a 55 días. Considerando el movimiento de la ballena que tuvo el tiempo entre recapturas más corto (8 días), y la distancia, en línea recta, entre los lugares donde se fotografió, Isla Isabel, Nay. y San José del Cabo, B.C.S. (446 km). Se estimó que la velocidad mínima de su recorrido fue de 2.3 km/hr.

Las dos recapturas entre *Revillagigedo* y *Continente*, representan viajes en ambas direcciones. Considerando el movimiento de la ballena entre Chacala, Nay., e Isla Socorro, Col., que recorrió una distancia de 651 km en 16 días. Se estimó una velocidad mínima de 1.7 km/hr.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Unidades poblacionales

Los primeros trabajos sobre ballenas jorobadas foto-identificadas en el Pacífico Norte, cuando incluyen animales fotografiados en México, no hacen distinción entre las diferentes agregaciones en el Pacífico mexicano. (ejem. Darling y Jurasz, 1983; Darling y McSweeney, 1985; y Baker *et al.* 1986). Posteriormente a estos estudios, y conforme se fue avanzando en el conocimiento de las ballenas jorobadas en México, se planteó la hipótesis de que existía una relación estrecha entre la región de *Baja California* y *Continente* y un intercambio menos intenso entre estas dos con la de *Revillagigedo*. (ejem. Urbán *et al.* 1987; Álvarez *et al.* 1990; Ladrón de Guevara *et al.* 1993). La prueba de χ^2 realizada en este estudio valida esta hipótesis, ya que resultó ser altamente significativa, y permite concluir que las probabilidades de recaptura entre agregaciones, para cada par de regiones, son muy diferentes.

Otros estudios que apoyan la consideración de que las ballenas jorobadas de la región de *Revillagigedo* pertenecen a una unidad poblacional diferente a las ballenas de *Baja California y Continente* son los siguientes:

a) Los patrones migratorios de las ballenas jorobadas de *Revillagigedo* difieren de los de las otras agregaciones invernales en México. Las ballenas de *Baja California y Continente*, tiene como zonas de alimentación principales las costas de British Columbia, Washington, Oregon y California. Las ballenas de *Revillagigedo*, a pesar de que se encontraron recapturas con todas las regiones de alimentación conocidas, no se detectó ningún destino migratorio principal (ver Capítulo IV).

b) La diferencia significativa en las frecuencias relativas de haplotipos de DNA mitocondrial de las ballenas de *Baja California y Continente*, con relación a las de *Revillagigedo* (Medrano-González *et al.* 1995; Baker *et al.* 1998)

c) Un mayor número de recapturas conocidas entre *Revillagigedo* y Hawai que entre Hawai y cualquier otra de las agregaciones invernales de México (Darling y Jurasz 1983; Darling y McSweeney 1985; Perry *et al.* 1988, 1990; Baker *et al.* 1986; Calambokidis *et al.* en prensa).

Con base en estos resultados se propone que las ballenas jorobadas que se distribuyen cada invierno en el Pacífico mexicano conforman dos unidades poblacionales diferentes. Una constituida por las ballenas que se distribuyen en las regiones de *Baja California y Continente*, que se propone denominar en adelante como “Stock Costero”; y otra conformada por las ballenas de la región de *Revillagigedo*, cuyo nombre en adelante se propone como “Stock de *Revillagigedo*” (Figura 2). Se eligió el uso de la palabra “stock” en el contexto de “unidad de manejo/conservación”. Su definición como población biológica deberá esperar hasta saber el grado de flujo genético entre estas dos agregaciones.

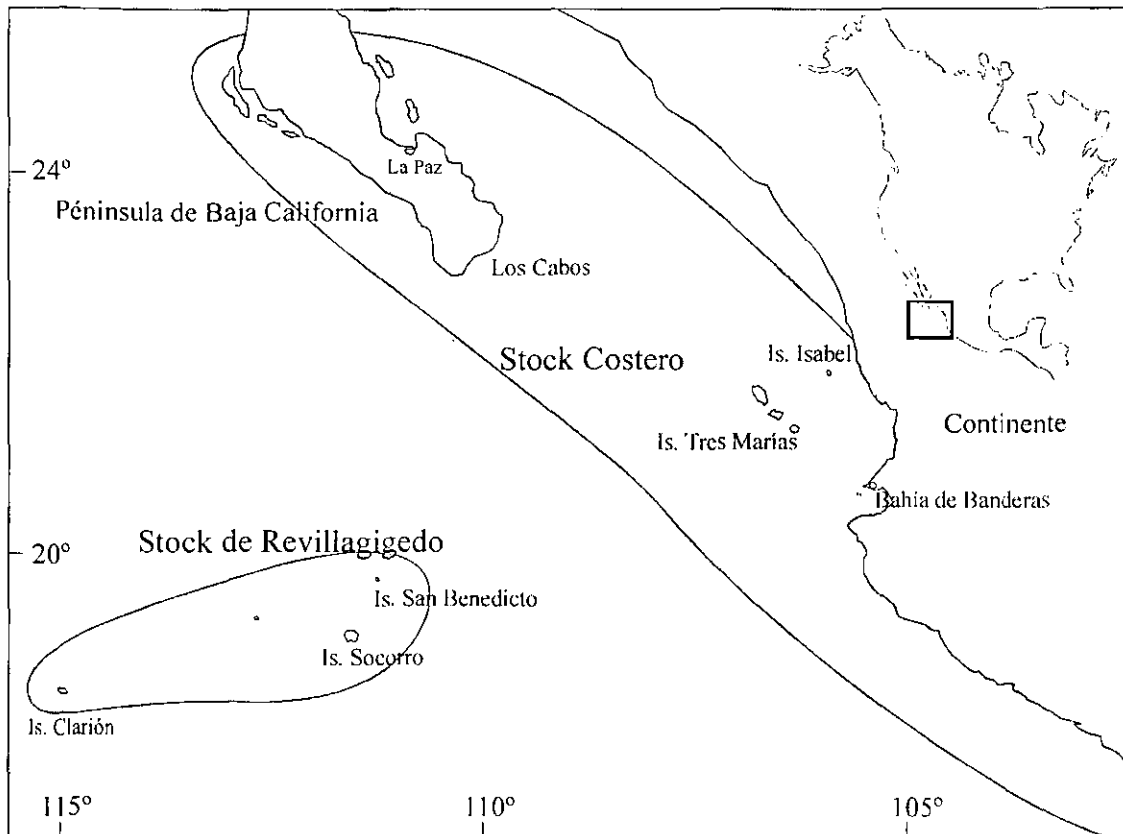
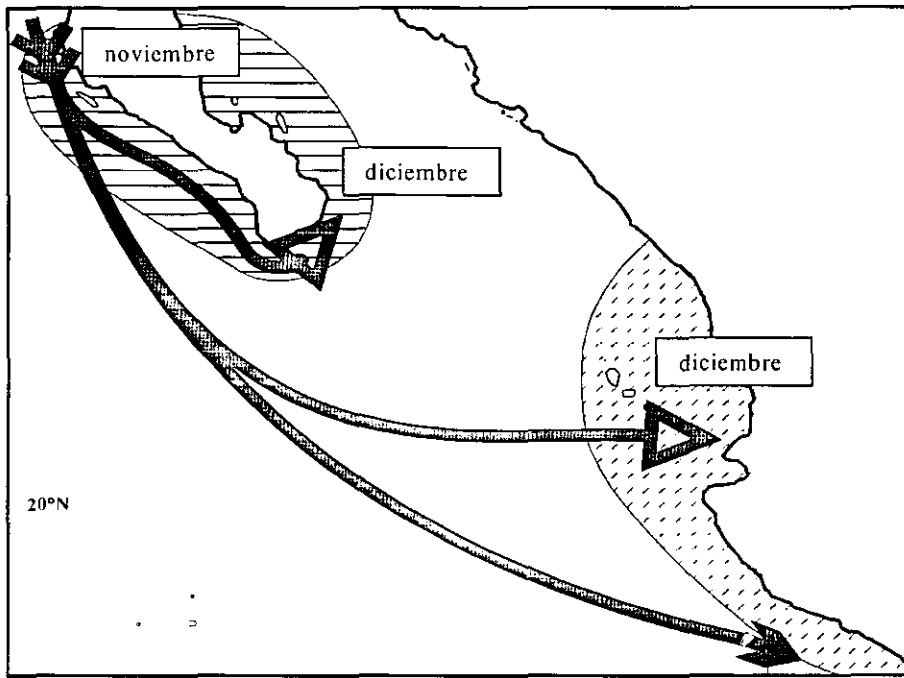


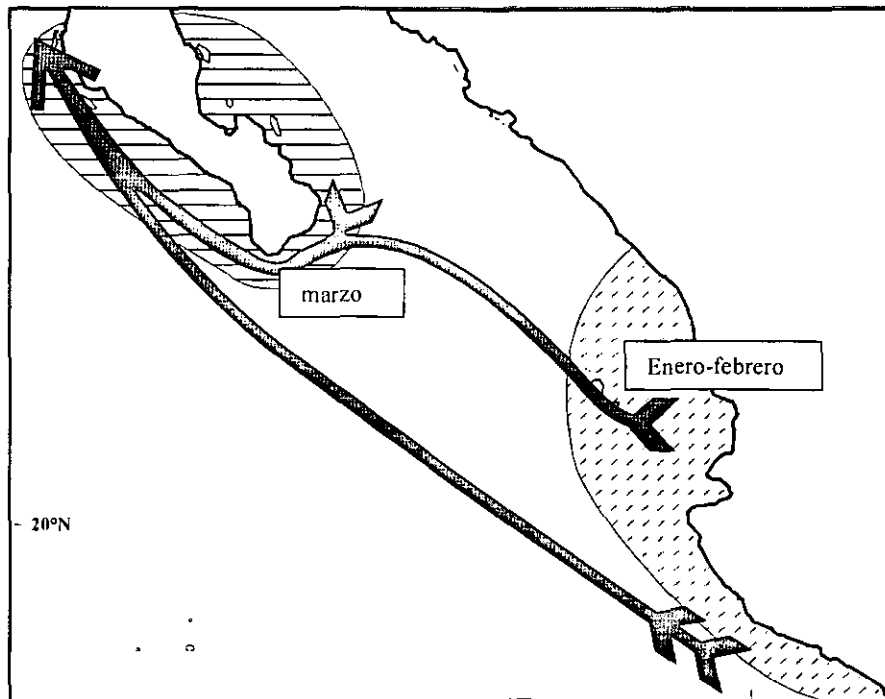
Figura 2. Stocks de ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano.

Movimientos.

El patrón de movimientos que se observa en las ocho ballenas fotografiadas en la misma temporada invernal en las regiones del *Continente* y *Baja California*, en el que se aprecia un movimiento del sur hacia el norte y no en sentido contrario, permite plantear lo siguiente: En la región de *Baja California* se concentran, por una parte, ballenas que arriban a principios de diciembre, provenientes de sus áreas de alimentación, y permanecen en esta zona al menos hasta finales de marzo; y por otra, ballenas provenientes de la región de *Continente*, que en su viaje de regreso al norte, permanecen durante un tiempo, aún no determinado, en las aguas circundantes al extremo sur de la península (Figura 3). Este planteamiento del patrón de movimientos se refuerza por el tiempo de arribo de las ballenas a la región del *Continente*, que es simultáneo, y en ocasiones, más temprano, a la fecha de arribo a la región de *Baja California*.



(a)



(b)

Figura 3. Patrones de movimientos de las ballenas jorobadas del Stock Costero.
(a) Arribo, (b) Regreso.

Con base en los resultados preliminares de las comparaciones de ballenas foto-identificadas en Centroamérica (50 individuos) con las foto-identificadas en México (1189), en donde se encontraron sólo dos recapturas en años diferentes, se puede concluir, de manera preliminar, que los movimientos de las ballenas que se concentran en la región de agregación invernal de Centroamérica, no contemplan una estadía temporal en aguas mexicanas en su ruta migratoria (Fig. 3).

Acerca de los movimientos observados en la misma temporada entre *Continente* y *Revillagigedo* los dos registros conocidos son cada uno en sentido diferente y en la misma temporada, 1990, por lo que no permiten identificar algún patrón en sus movimientos.

Velocidad

Las velocidades de tránsito más altas registradas de las ballenas jorobadas en México, de 2.3 y 1.7 km/hr, corresponden a la mínima velocidad que debieron desarrollar, ya que se parte del hecho que no viajaron en línea recta, y que las fotografías no se tomaron exactamente el día de salida y arribo a las diferentes regiones. No obstante lo anterior, las velocidades registradas son similares a las observadas en otras partes del Pacífico Norte, siguiendo el mismo método, y por lo tanto con los mismos inconvenientes. Calambokidis *et al.* (2000), informan sobre velocidades de ballenas jorobadas durante sus movimientos migratorios entre California y: *Baja California* de 2.7 km/hr; *Continente* de 2.8 km/hr; y Costa Rica 3.8 km/hr. Urbán *et al* (2000, ver Capítulo IV)), informan sobre el recorrido de una ballena fotografiada en Isla Clarión, en el Archipiélago de Revillagigedo y en la Isla Kauai, Hawai, con 51 días de diferencia, y después de desplazarse 4,700 km a una velocidad mínima promedio de 4.0 km/hr. Finalmente, Gabriele *et al* (1996) registraron la velocidad más alta para una ballena jorobada en el Pacífico Norte de 4.7 km/hr para una ballena que recorrió 4,400 km entre Alaska sur-oriental y Hawai.

Estas distancias y velocidades de los desplazamientos de ballenas jorobadas en México y otras partes del mundo nos demuestran que la segregación que se da en el Pacífico mexicano no se debe a las limitaciones bioenergéticas de las ballenas para estos recorridos, sino, hasta donde sabemos, a una mayor afinidad genética-cultural entre las ballenas de la misma unidad poblacional.

REFERENCIAS.

- Álvarez F., C. 1987. Fotoidentificación del Rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*, Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Isla Isabel, Nayarit, México, (Cetacea: Balaenopteridae). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias UNAM. 107pp.
- Álvarez, C., Aguayo, A., Rueda, R. y Urbán, J. 1990. A note on the stock size of humpback whales along the Pacific coast of Mexico. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 12): 191-193.
- Baker, C.S., Herman, L.M., Perry, A., Lawton, W.S., Straley, J.M. y Straley, J.H. 1985. Population characteristics and migration of summer and late-season humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in southeastern Alaska. *Mar. Mammal Sci.* 1:304-323.
- Baker, C.S., Herman, L.M., Perry, A., Lawton, W.S., Straley, J.M., Wolman, A.A., Winn, H.E., Hall, J., Kaufman, G., Reinke, J. y Ostman, J. 1986. The migratory movement and population structure of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central and eastern North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 31:105-19.
- Baker, C.S., Medrano-González, L., Calambokidis, J., Perry, A., Pichler, F., Rosebaum, H., Straley, J.M., Urbán, J., Yamaguchi, O. y von Ziegesar, O. 1998. Population structure of nuclear and mitochondrial DNA variation among humpback whales in the North Pacific. *Mol. Ecol.* 7(6):695-708.
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Rasmussen, K., Urbán R., J., Balcomb, K.C., Ladrón de Guevara P., P., Salinas Z., M., Jacobsen, J.K., Baker, C.S. Herman, L.M. Cerchio, S. y Darling, J. 2000. Migratory destinations of humpback whales that feed off California, Oregon and Washington. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 192:295-304.
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Straley, J., Herman, L.M., Cerchio, S., Salden, D., Urbán R., J., Jacobsen, J.K. vonZiegesar, O., Balcomb, K.C., Gabriele, C.M., Dahlheim, M.E., Uchida, S., Ellis, G., Miyamura, Y., Ladrón de Guevara P., P., Yagamuchi, M., Sato., F., Mizroch, S.A., Schlender, L., Rasmussen K., y Barlow, J. In press. Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. *Mar. Mammal Sci.*
- Campos R., R. 1989. Fotoidentificación y comportamiento del Rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes al Archipiélago de Revillagigedo, México. (Cetacea: Balaenopteridae). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 134pp.
- Darling, J.D. y Jurasz, C.M.. 1983. Migratory destination of North Pacific Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). pp. 359-368. In: R. Payne (ed). *Communication and Behaviour of whales*. AAAS Selected Symposia Series. Westview Press. Boulder, Colo. 643pp.
- Darling, J.D. y McSweeney, J.D. 1985. Observations on the migration of North Pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Can. J. Zool.*, 63:308-314.
- Gabriele, C.M., Straley, J.M., Herman, L.M. y Coleman, R.J. 1996. Fastest documented migration of a North Pacific humpback whale. *Mar. Mamm. Sci.* 12:4547-464.
- Katona, S.K., Baxter, B. Brazier. O., Kraus, S. Perkins, J. y Whitehead. H. 1979. Identification of humpback whales by fluke photographs. pp. 33-44. In: Winn, H.E. and Olla.B. (eds.) *The Behaviour of Marine Mammals*. Vol.3. Plenum Press, New York and London.438pp.

- Ladrón de Guevara P., P. 1995. La ballena jorobada, (*Megaptera novaeangliae*) (Borowski 1781) en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México (Cetacea-Balaenopteridae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 155pp.
- Ladrón de Guevara P., P., Urbán, R., J. Salinas Z., M., Jacobsen, J., Balcomb, K. C., Jaramillo L., A., Claridge, D. y Aguayo L., A. 1993. Relationships among winter aggregations of humpback whales *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. Abstracts of the XVIII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, La Paz, B.C.S. México. p. 26.
- Medrano-González, L., Aguayo L., A., Urbán R., J. y Baker, C.S. 1995. Diversity and distribution of mitochondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific Ocean. *Can. J. Zool.* 73:1735-1743.
- Perry, A. Mobley, J.R., Baker, C.S. y Herman, L.M. 1988. Humpback Whales of the Central and Eastern North Pacific: A Catalogue of Individual Identification Photographs. Sea Grant Miscellaneous Report, UNITHI-SEAGRANT-MR-88-02, Honolulu. i-ix+37 pp. +C1-158-11-38.
- 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. int. Whal. Commn* (special issue 12):307-318.
- Rasmussen, K., Steiger, G.H. y Calambokidis, J. 1995. Evidence of a humpback whale wintering area in Costa Rica. *In: Abstracts of the Eleventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, Orlando. p. 49
- Rasmussen, K., Calambokidis, J., Steiger, G.H., Chandler, T.E. y Urbán R., J. 2000. Central America as a significant wintering ground for North Pacific humpback whales. *In: Abstracts of the Thirteen Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, Wailea, Maui, Hawaii. p. 153
- Rice, D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. Pages 170-195. *In* W.E. Schevill, D.G. Ray, K.S. Norris (eds.). *The Whale Problem*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Rice D.W. 1978. The humpback whale in the North Pacific: distribution, exploitation, and numbers. *In* K.S. Norris y R. Reeves (eds.) *Report on a workshop on problems related to humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaii*. Report to the Marine Mammal Commission, Washington D.C. 21pp.
- Salinas-Vargas, J.C. 2000. Distribución espacio-temporal y abundancia relativa del rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Los Cabos, B.C.S., México 1989-1993. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 64pp.
- Scammon, C.M. 1874. *The Marine Mammals of the North-western Coast of North America, Described and Illustrated: Together with an Account of the American Whale-fishery.* John H. Carmany and Co., San Francisco, CA. 319pp. (Reprinted in 1968 by Dover Publications Inc., New York).
- Steiger, G.H., Calambokidis, J., Sears, R., Balcomb, K.C. y Cabbage, J.C. 1991. Movement of humpback whales between California and Costa Rica. *Mar. Mammal Sci.* 7:306-310.
- Townsend, C.H. 1935. The distribution of certain whales as shown by logbook records of American whales ships. *Zoologica*, 19:1-50.
- Urbán R., J. y Aguayo L., A. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Mar. Mammal Sci.* 3 (4):333-344.

- Urbán R., J., Balcomb, K. C., Alvarez, C., Bloedel, P., Cubbage, J., Calambokidis, J., Steiger, G. y Aguayo, A. 1987. Photo-identification matches of Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) between México and Central California. Resumen. Seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. Miami, Florida del 5 al 9 de diciembre de 1987.
- Urbán R., J., Jaramillo L., A., Aguayo L., A., Ladrón de Guevara P., P., Salinas Z., M., Alvarez F., C., Medrano G., L., Jacobsen, J.K., Balcomb III, K.C., Claridge, D.E. Calambokidis, J, Steiger, G.H., Straley, J., vonZiegesar, O., Wite, J.M., Miszroch, S., Dahlheim, M.E., Darling, J.D. y Baker, C.S. 2000. Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. *J. Cetacean Res. Manage.*

CAPÍTULO III
TAMAÑO POBLACIONAL

Abstract.—The humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) is a cosmopolitan species whose stocks were drastically decreased by commercial whaling practices prior to 1967. The North Pacific population was estimated to be between 15,000 and 20,000 animals before the practice of whaling. At the time of the commencement of its international protection in 1967, this population may have been reduced to fewer than 1000 individuals. The Pacific coast of Mexico and the Revillagigedo Archipelago constitute one of the main breeding and calving areas for North Pacific humpback whales. The objective of this paper is to present an estimation of abundance of humpback whales in this region based on photographic identification of individual animals. Estimates of population size were obtained by using mark and recapture models for both closed and open populations, with each year representing a capture occasion. A total of 1184 humpback whales were identified in Mexican waters between 1986 and 1993. The best estimates of population size for the Mexican stocks were those provided by the modified Jolly-Seber method: 1813 (95% CI: 918–2505) for the coastal stock in 1992, and 914 (95% CI: 590–1193) for the Revillagigedo stock in 1991.

Population size of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of Mexico

Jorge Urbán R.

Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Ap. Post 19-B
La Paz, B.C.S. 23081 México
E-mail: jurban@calafia.uabcs.mx

Carlos Alvarez F.

Mario Salinas Z.

Laboratorio de Mamíferos Marinos
Universidad Nacional Autónoma de México
Ap. Post 70-572
México, D.F. 04510 México

Jeff Jacobsen

P.O. Box 4492
Arcata, California 95521

Kenneth C. Balcomb III

Center for Whale Research
1359 Smugglers Cove Road
Friday Harbor, Washington 98250

Armando Jaramillo L.

Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Ap. Post 19-B
La Paz, B.C.S. 23081 México

Paloma Ladrón de Guevara P.

Anelio Aguayo L.

Laboratorio de Mamíferos Marinos
Universidad Nacional Autónoma de México
Ap. Post 70-572, México, D.F. 04510 México

Humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, make seasonal migrations between low-latitude wintering areas used for mating and calving and high-latitude feeding areas. The general distribution of feeding areas in the North Pacific covers coastal waters in the western North Pacific from northern Japan throughout the Bering Sea and in the eastern North Pacific as far

south as southern California. During the winter breeding season, these whales congregate in three geographically isolated tropical areas: the Ryukyu, Bonin, and Mariana Islands south of Japan; the islands of the Hawaiian Archipelago; and the Pacific coast of Mexico and the Revillagigedo Archipelago (Rice, 1974; Johnson and Wolman, 1984).

Humpback whales have been listed as endangered since severe reduction of all stocks worldwide by commercial exploitation (Rice, 1974; Gambel, 1976). The number of these whales were estimated to be between 15,000 and 20,000 animals before whaling depleted them during the first half of the 20th century; at the time of its international protection in 1967 this population may have been reduced to fewer than 1000 individuals (Rice, 1974, 1978). However, the reliability of these figures is unknown.

The extent of the recovery in the North Pacific population over the last 25 years is debatable. Estimates of abundance with mark and recapture techniques based upon photo-identification data have been made for different areas of this ocean, but there has been much debate regarding the reliability of such estimates (Darling et al., 1983; Baker et al., 1986; Darling and Morowitz, 1986; Baker and Herman, 1987; Alvarez et al., 1990; Calambokidis et al., 1990; Cerchio, 1998; Calambokidis et al.¹). There is currently insufficient evidence to assess whether a significant change in abundance has occurred since whaling ceased.

Three main wintering aggregations of humpback whales are recognized off the Pacific coast of Mexico: the Baja California Peninsula; the mainland coast of Mexico (including, Isabel Island, Tres Marias Islands, and the mainland coast); and the Revillagigedo Archipelago (including Socorro, San Benedicto, Roca Partida, and Clarion Islands) (Rice, 1979; Urbán y Aguayo, 1987).

The comparison of photo-identified humpback whales in these wintering grounds showed that there was a greater affinity between whales off Baja California and those off the mainland coast of Mexico than those off either Baja California or the mainland coast and those off the Revillagigedo Archipelago (Urbán et al., 1989; Ladrón de Guevara et al., 1993; Jaramillo, 1995) (Table 1). From these results, two different population units of humpback whales during winter in Mexican waters were previously proposed: the coastal Stock (including Baja California and mainland coast of Mexico), and the Revillagigedo stock (Alvarez et al., 1990; Urbán et al.²) (Fig. 1).

¹ Calambokidis, J., G. H. Steiger, J. Straley, T. J. Quinn II, L. M. Herman, S. Cerchio, D. Salden, M. Yagamuchi, F. Sato, J. Urbán R., J. K. Jacobsen, O. von Ziegesar, K. C. Balcomb, C. M. Gabriele, M. E. Dahlheim, N. Higashi, S. Uchida, J. K. B. Ford, Y. Miyamura, P. Ladrón de Guevara P., S. A. Mizroch, L. Shlender, K. Rasmussen. 1977. Abundance and population structure of humpback whales in the North Pacific basin. Final Rep. to Southwest Fisheries Science Center, Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, La Jolla, CA, 72 p.

² Urbán R., J., J. C. Salinas V., A. Guillén G., and E. Vázquez M. 1997. La ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* en el Península de Baja California Sur, México. Final Report to the Biodiversity National Commission (CONABIO). Contract H035, 41 p.

Table 1

Matches (above the diagonal) and interchange index¹ (below the diagonal) among the three main wintering aggregations in the Mexican Pacific. Sample size in parentheses.

	Baja California Peninsula (471)	Mainland coast of Mexico (383)	Revillagigedo Archipelago (450)
Baja California Peninsula	—	64	20
Mainland coast of Mexico	0.38	—	23
Revillagigedo Archipelago	0.12	0.18	—

¹ Index of interchange.

This index quantify the degree of interchange among two samples (among regions) that accounted for sample size:

$$\text{Index of Interchange} = (m_{12}/(n_1 \times n_2)) \times 1000.$$

where n_1 = whales identified (captured) in sample 1;

n_2 = whales identified in sample 2; and

m_2 = captured whales from sample 1 recaptured in sample 2.

(see Baker et al. 1985; Cerchio et al., 1998).

This division of winter aggregations is also supported by mitochondrial DNA lineage analyses (Medrano-Gonzalez et al., 1994, 1995a, 1995b); however, because the waters off California, Oregon and Washington are the primary feeding destination of the whales observed in Baja California and the mainland coast, the migratory destination of the whales seen around the Revillagigedo Islands is still unknown (Urbán et al. 1987; Urbán et al.³).

Previous estimates of humpback whale abundance in Mexican waters are the following: 500–600 for Socorro Is. (Campos, 1987); 200–400 for Isabel Is. (Alvarez, 1987); 600–700 for the mainland coast (Alvarez et al., 1990); and 1200–1700 for all the Mexican Pacific (Urbán et al., 1989). However, it is recognized that these estimates were based on limited data and on assumptions that generally were not tested.

In our study we present an analysis of photographic data obtained during the winter breeding and calving seasons from 1983 to 1993 in the different assembly areas of the Mexican Pacific. We use this analysis to calculate reliable independent estimates of abundance of humpback whales for the coastal and the Revillagigedo stocks.

³ Urbán R., J., A. Jaramillo L., A. Aguayo L., Paloma Ladrón de Guevara P., M. Salinas Z., C. Alvarez F., L. Medrano G., J. Jacobsen, K. C. Balcomb, D. E. Claridge, J. Calambokidis, G. H. Steiger, J. M. Straley, O von Ziegesar, S. Mizroch, M. Dahlheim, J. M. Waite, J. D. Darling, and C. S. Baker. 19xx. Migratory destination of the Mexican Pacific humpback whales. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Ap. Post. 19-B, La Paz, Baja California Sur, Mexico.

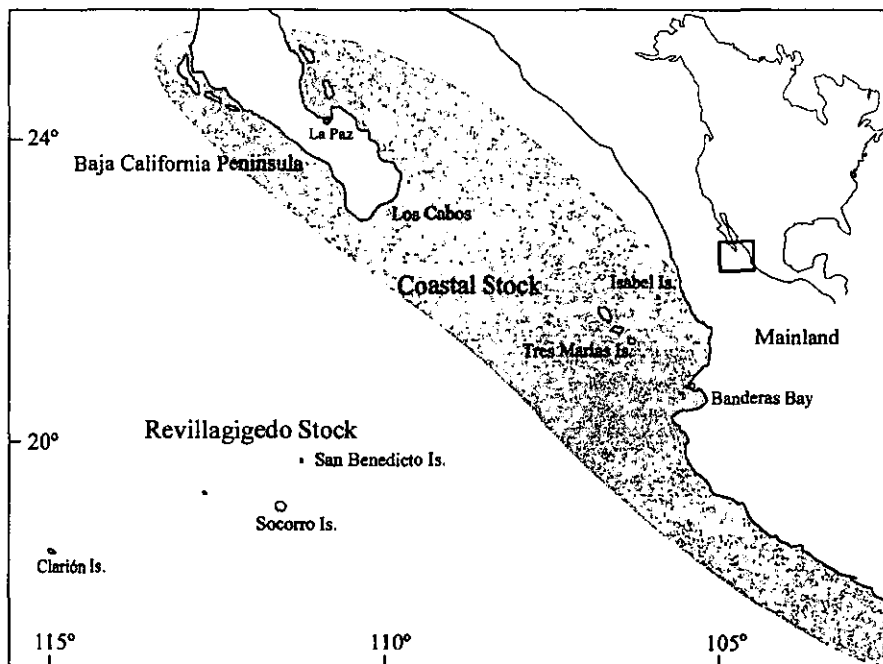


Figure 1

Study area showing, by shading, the distribution of the Revillagigedo and coastal stocks.

Materials and methods

Individual identification

Humpback whales were individually identified from photographs taken by different institutions from approximately December to March, along the mainland coast of Mexico (1983–92), from mid-January to March in Baja California (1987–93), and at the Revillagigedo Archipelago (1986–92) (Table 2).

Although photo-identification data have been available for the coastal stock since 1983 and for the Revillagigedo stock since 1985, efforts before 1986 were limited in time and space, and also lacked continuity. Beginning in 1986, surveys were conducted off Socorro Island for the Revillagigedo stock, and near San José del Cabo or the mainland coast (or both) for the coastal stock. No data were obtained for either Revillagigedo or the mainland in 1993.

The whales were identified individually through photographs of the black and white pigmentation patterns on the ventral surface of their flukes (see Katona and Whitehead, 1981). Photographs were obtained with 35-mm cameras equipped with 200–300 mm lenses. Although the film used varied by region and season, most photographs were taken with black and white Kodak Tmax 400 ISO pushed to 1600 ISO, ensuring shutter speeds as high as 1/1000 of a second.

On the basis of focus, angle, and light conditions, all fluke photographs were judged to be either good, fair, or of poor quality; only photos in the first two categories were included in this study. Within these quality levels, the whales showed at least 50% of each fluke at a sufficiently vertical angle to allow the shape of the trailing edge to be distinguished. Calves were excluded from the analysis owing to their tendency to show changes in pigmentation patterns during the first year of life (Carlson et al., 1990). Selected photographs were compared visually by at least three persons with experience in matching humpback whales flukes photographs from both Universidad Nacional Autónoma de México and Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Abundance estimation

Abundance estimates were obtained by using an eight-year period for the coastal stock, from 1986 to 1993, and a seven-year period for the Revillagigedo stock, from 1986 to 1992.

Estimates of population size were obtained by using mark and recapture models for both closed and open populations, with each year representing a capture occasion. The time span of the study was seven years; consequently, although calves were not included in the analysis, it is inevitable that additions

Table 2

Study periods and data sources for each of the regions. UNAM = Universidad Nacional Autónoma de México; UABCS = Universidad Autónoma de Baja California Sur; CWR = Center for Whale Research; CS = Cousteau Society.

Region	Season	Study period	Source
	1986	20 Dec 85-4 Mar 86	UNAM
	1987	25 Dec 86-20 Mar 87	UNAM
	1988	22 Jan 88-8 Feb 88	UNAM
	1989	24 Jan 89-5 Mar 89	UNAM
	1990	25 Nov 89-21 Mar 90	CWR, UABCS, UNAM
	1991	28 Nov 90-26 Feb 91	UNAM
	1992	26 Dec 91-6 Mar 92	UNAM
Baja California Peninsula	1987	10 Feb 87-5 Mar 87	CWR, UABCS
	1988	6 Feb 88-8 Mar 88	CWR, UABCS
	1989	23 Jan 89-25 Mar 89	CWR, UABCS
	1990	20 Feb 90-31 Mar 90	CWR, UABCS
	1991	24 Jan 91-23 Mar 91	UABCS
	1992	20 Jan 92-2 Apr 92	UABCS
	1993	15 Jan 93-5 Apr 93	UABCS
Revillagigedo Archipelago	1986	16 Jan 86-20 Feb 86	UNAM
	1987	20 Jan 87-5 Mar 87	UNAM
	1988	1 Feb 88-9 Mar 88	UNAM
	1989	16 Jan 89-7 Mar 89	UNAM
	1990	31 Jan 90-20 Mar 90	UNAM
	1991	15 Jan 91-25 Apr 91	UNAM
	1992	25 Apr 92-7 May 92	UNAM, UABCS, CS

to the population were occurring in the form of animals born in previous years that became identifiable as they grew. Also, some individuals died. Because we would therefore expect to be studying an open population, we chose the Jolly-Seber mark and recapture model. One of the critical assumptions of this method is the highly unlikely condition that all animals have the same capture probabilities at the moment of the sample (Seber, 1982). If heterogeneity in capture probabilities is present, the open population models will underestimate population size to a greater extent than closed population models (Cortés, 1973; Pollock et al., 1990). Given that there was no way to account for such problems with open population models (Hammond, 1986), we decided to use closed population models to test for variations in capture probabilities.

Closed population estimates were obtained and assumptions were tested by using the software program CAPTURE developed by Otis et al. (1978), which included an algorithm to select the appropriate model after the hypothesis testing procedure. The conceptual basis for this selection procedure is a tradeoff between precision and bias. If a simple model, such as the null model M_0 in Otis et al. (1978), is used to estimate parameters from data that vio-

lates in any way the assumption of equal capture probability, then significant biases are introduced in parameter estimates and sampling variances will be artificially small. On the other hand, if a more complex model is used, such as M_{th} of Otis et al. (1978), that allows capture probabilities to vary with time and among individuals, biases may be reduced but the sampling variance will be greater than it should be. The selection procedure takes into account the individual goodness-of-fit tests performed for specific models on the data and the confrontation of related models (i.e. where one model is a particular case of a general one). The significance levels for all these tests are combined in a standard discriminant analysis and the resulting statistic is standardized so that its value ranges from 0 to 1, 1 being the score that indicates the appropriate model (Otis et al., 1978).

The basic or null model M_0 can be applied to the general case of multiple recaptures in a closed population, where all animals have equal capture probabilities, and where this probability remains constant in time. The model that allows the capture probability to vary in time, simultaneously permitting individuals to have unequal capture probability (Chao et al., 1991; model M_{th} in Otis et al., 1978) was selected for estimation of both stock sizes. In addition,

abundance was also estimated for the coastal stock by using the model that only allows relaxation of the requirement for constant capture probability in time (Darroch, 1958; model M_t in Otis et al., 1978). Model M_{th} provides the estimator of population size for a situation where capture probabilities vary in time and among individuals. Model M_t provides the estimate of population size when capture probabilities are the same among individuals but vary in time (Otis et al., 1978).

Outputs from CAPTURE were used only as a "screening technique," as suggested by Menkins and Anderson (1988) to investigate departures from the assumption of equal catchability. The test for population closure within CAPTURE was ignored because its power is low (Otis et al., 1978).

Open population estimation was done through the software program RECAP⁴. This program provides estimates of parameters under the basic Jolly-Seber model where all individuals have equal capture probabilities and survivorship, but these were allowed to vary between sampling occasions. Also, it incorporates a modification of the Jolly-Seber model (modified J-S model) that constrains estimates to feasible values, stabilizing them and providing more reliable confidence intervals (Buckland, 1980). Open population estimates were also obtained by using the software program JOLLY described by Pollock et al. (1990). Of particular interest is the goodness-of-fit tests performed for this program to investigate how well our data are explained by the Jolly-Seber model or any of the variants included in the program. The results obtained under such variants were also very useful because they allowed for the estimation of more precise parameters when either capture probabilities or survivorship (or both) were kept constant. Even in the case when the more general Jolly-Seber model was chosen (model A), observation of survivorship estimates under model 2 (temporary trap response model) were useful to look for the amount of transit within the areas occupied by each stock.

Results and discussion

Photo identification

A total of 1184 humpback whales were identified in Mexican waters between 1986 and 1993. Of the to-

⁴ Contact Stephen Buckland, Mathematical Institute, North Haugh, University of St Andrews, St. Andrews, Fife KY169SS, U.K.

Table 3

Number of humpback whales identified in Mexican waters from 1986 to 1993.

Region	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Coast								
Animals caught	74	71	74	83	218	109	180	92
Newly caught	74	65	61	67	174	91	140	61
Revillagigedo								
Animals caught	26	41	73	106	48	189	36	
Newly caught	26	37	64	86	33	143	23	

Table 4

Estimates of population size (N) with closed population models (see "Materials and methods" section for descriptions of the models).

Model	N	95% CI	Capture prob. P
Coastal stock			
M_0	2039	1728–2194	0.05
M_t [†]	1828	1660–2076	0.06 average
M_{th} [†]	2188	1861–2612	0.05 average
Revillagigedo stock			
M_0	1078	807–1169	0.0687
M_t	874	762–1020	0.084 average
M_{th} [†]	1308	1043–1684	0.057 average

[†] Selected models.

tal, 733 individuals were observed in the area occupied by the coastal stock, 412 in Revillagigedo, and 39 in both areas (a summary of the number of individuals identified in each area is provided in Table 3).

Abundance estimation

The closed population estimators showed that heterogeneity and variations in capture probabilities in time are present in both stocks. However, the confidence intervals built for models M_t and M_{th} overlap to a greater extent in the coastal estimates than in the Revillagigedo estimates, indicating that both models M_{th} and M_t are equally good for the coastal stock (Table 4). These relatively small capture probabilities estimated with the closed models are consistent with a positive bias in the population size estimates because, as will be discussed, the populations were open through the period of study. Therefore, the closed population models were useful in showing that the assumption of equal catchability is not met.

Table 5

Estimates of population size (N) with the program JOLLY, model A (general) (see "Materials and methods" section for descriptions of the models).

Year	N	95% CI	Capture prob. P
Coastal stock¹			
1987	771	119-1424	0.08
1988	484	215-753	0.14
1989	791	382-1220	0.10
1990	1247	682-1811	0.17
1991	1660	610-2712	0.06
1992	1702	488-2917	0.10
Average	1109	793-1425	0.11
Revillagigedo stock²			
1987	134	13-256	0.25
1988	367	125-609	0.18
1989	593	288-897	0.17
1990	456	179-733	0.10
1991	1569	-140-3277	0.12
Average	623	268-980	0.16

¹ χ^2 Goodness-of-fit model A $x = 5.968$ $P = 0.8754$

χ^2 Goodness-of-fit model 2 $x = 1.132$ $P = 0.8892$

² χ^2 Goodness-of-fit model A $x = 13.23$ $P = 0.0667$

χ^2 Goodness-of-fit model 2 $x = 0.448$ $P = 0.799$

The Jolly-Seber analysis indicated that the open population model explained in a better way the data for both Revillagigedo and coastal stocks (Table 5). In the Revillagigedo stock the goodness of fit χ^2 test on model A (general model) did not reject the null hypothesis ($P=0.0667$), but the result showed that data are better explained ($P=0.799$) by model 2 (temporary trap response model), assuming that survival rates of newly captured animals differ from those of previously captured animals. In other words, this test indicates that some animals may have moved into the capture site and once captured, they could have left and even re-entered the sampling area. This inference can be supported by the fact that data for this stock were collected only in Socorro Island and that some animals may have a preference for another island, such as Clarion, far away from the sampling area (Fig. 1). For the coastal stock, the goodness-of-fit χ^2 tests indicate that the model A ($P=0.8754$) and model 2 ($P=0.8892$) are almost equally good in explaining the data. Although sampling coverage was wider for this stock, allowing a better collection of photographs for moving animals, this problem still remained, but had a smaller effect on the estimates.

Having accepted that the Jolly-Seber model explained the data well for the two stocks, population-size estimates were obtained with the software pro-

Table 6

Estimates of population size (N) with the program RECAP, modified Jolly-Seber model (see "Materials and methods" section for descriptions of the models).

Year	N	95% CI	Capture prob. P
Coastal stock			
1987	822	425-1142	0.09
1988	580	327-931	0.13
1989	825	519-1229	0.10
1990	1120	824-1613	0.19
1991	1813	1168-2686	0.06
1992	1813	918-2505	0.10
Average	1162	889-1406	
Revillagigedo stock			
1987	167	49-484	0.25
1988	414	215-691	0.18
1989	610	388-825	0.17
1990	606	359-891	0.08
1991	914	590-1193	0.21
Average	642	373-677	

gram RECAP. Results show that the modified estimator (modified J-S model) provided more stable estimates and narrower and more realistic confidence intervals (Table 6).

Because capture probabilities are larger than those obtained by the closed population methods, and considering that the Jolly-Seber estimates may be negatively biased given heterogeneity, population size are likely overestimated by the closed population methods.

In light of the above arguments, we conclude that the best estimates of population size for the Mexican stocks, using the data at hand, are those provided by the modified Jolly-Seber model of program RECAP. Estimates obtained with closed population methods are not recommended when data are pooled for the whole extension of the study; however, it may be worth obtaining estimates with pairs of years with models testing for heterogeneity and capture probabilities varying with time, although certain information and precision may be sacrificed.

Estimates for each year show an apparent trend towards increase for both stocks. Such a trend was considered an artifact of a reduction in the bias caused by heterogeneity in capture probabilities after sample size increased with time. Consequently, we consider that the best estimates for the stock sizes were those obtained for the last years and are 1813 (95% CI: 918-2505) for the coastal stock in 1992, and 914 (95% CI: 590-1193) for the Revillagigedo stock in 1991.

Acknowledgments

We would like to thank Jeff Laake for valuable advice and fruitful discussions. Judith Zeh, Jay Barlow, Phil Clapham, and two anonymous reviewers provided helpful suggestions for the improvement of the paper. This work was supported by the Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica (DGICSA), C88-01-0414 (1988–90), Earthwatch (1988–90), and the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT (1991–92). We worked under the permits of the Instituto Nacional de Ecología, SEDUE, SEMARNAP.

Literature cited

- Alvarez, F. C.**
1987. Fotoidentificación del Rorcual Jorobado (*Megaptera novaeangliae*, Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Isla Isabel, Nayarit, México (Cetacea: Balaenopteridae). Professional thesis, Facultad de Ciencias, UNAM, 107 p.
- Alvarez, C. A., Aguayo L., R. Rueda, and J. Urbán R.**
1990. A note on the stock size of humpback whales along the Pacific coast of México. Rep. Int. Whal. Comm. Spec. Issue 12:191–193.
- Baker, C. S., and L. M. Herman.**
1987. Alternate population estimates of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaiian waters. Can. J. Zool. 65:2, 818–821.
- Baker, C. S., L. M. Herman, A. Perry, W. S. Lawton, J. M. Straley, and J. H. Straley.**
1985. Population characteristics and migration of summer and late-season humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in southeastern Alaska. Mar. Mamm. Sci. 1:304–323.
- Baker, C. S., L. M. Herman, A. A. Wolman, H. E. Winn, J. Hall, G. Kaufman, J. Reinke, and J. Ostman.**
1986. The migratory movement and population structure of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central and eastern North Pacific. Mar. Ecol. Prog. Ser. 31:105–119.
- Buckland, S. T.**
1980. A modified analysis of the Jolly-Seber capture-recapture model. Biometrics 36:419–435.
- Calambokidis, J., J. C. Cubbage, G. H. Steiger, K. C. Balcomb, and P. Bloedel.**
1990. Population estimates of humpback whales in the Gulf of the Farallones, California. Rep. Int. Whal. Comm. Spec. Issue 12:343–48.
- Campos R., R.**
1987. Fotoidentificación y comportamiento del Rorcual Jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes al Archipiélago de Revillagigedo, México. (Cetacea: Balaenopteridae). Professional thesis, Facultad de Ciencias, UNAM, 134 p.
- Carlson, C. A., C. A. Mayo, and H. Whitehead.**
1990. Change in the ventral fluke pattern of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, and its affect on matching. Rep. Int. Whal. Comm. Spec. Issue 12:105–112.
- Carothers, A. D.**
1973. The effects of unequal catchability on Jolly-Seber estimates. Biometrics 29:79–100.
- Cerchio, S.**
1998. Estimates of humpback whale abundance off Kauai, Hawaii, 1989 to 1993: evaluating biases associated with sampling the Hawaiian Islands breeding assemblage. Mar. Ecol. Prog. Ser. 175:23–34.
- Cerchio, S., C. M. Gabriele, T. F. Norris, and L. M. Herman.**
1998. Movements of humpback whales between Kauai and Hawaii: implications for population structure and abundance estimation in the Hawaiian Islands. Mar. Ecol. Prog. Ser. 175:13–22.
- Darling, J. D., K. M. Gibson, and G. K. Silber.**
1983. Observations on the abundance and behavior of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off West Maui, Hawaii, 1977–79. In R. Payne (ed.), Communication and behavior of whales, p. 201–22. Westview Press, Boulder.
- Darling, J. D., and H. Morowitz.**
1986. Census of "Hawaiian" humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification. Can. J. Zool. 64:105–111.
- Gambel, R.**
1976. World whale stocks. Mar. Rev. 6:41–53.
- Hammond, P. S.**
1986. Estimating the size of naturally marked whale population using capture-recapture techniques. Rep. Int. Whal. Comm. Spec. Issue 8:253–282
- Jaramillo L., A.**
1995. Fotoidentificación del Rorcual Jorobado (*Megaptera novaeangliae*, Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a Isla Isabel, Nayarit, México. (Cetacea: Balaenopteridae). Professional thesis, Facultad de Ciencias, UNAM, 107 p.
- Johnson, J. H., and A. A. Wolman.**
1984. The humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. Mar. Fish. Rev. 46:30–37.
- Katona, S. K., and H. P. Whitehead.**
1981. Identifying whales using their natural markings. Polar Rec. 20:439–444.
- Ladrón de Guevara, P., J. Urbán R., M. Salinas Z., J. Jacobsen, K. C. Balcomb, A. Jaramillo L., D. Claridge, and A. Aguayo L.**
1993. Relationships among winter aggregations of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. In Abstracts of the XVIII Reunion Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, La Paz, Mexico, May 4–7, 1993, p. 26.
- Medrano-Gonzalez, L., L. Aguayo L., J. Urbán R., and C. S. Baker.**
1995a. Diversity and distribution of mitochondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. Can. J. Zool. 73:1735–1743.
- Medrano-Gonzalez, L., J. Urbán R., and C. S. Baker.**
1994. Sex and maternal lineage identities of humpback whales in the Mexican Pacific. In Abstracts of the Int. Symposium of Marine Mammal Genetics, La Jolla, CA, 23–24 September 1994.
- 1995b.** Short and long term population structure of humpback whales in the eastern North Pacific: the definition of management units and evolutionary significant units revisited. In abstracts of the XX Reunion Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, La Paz, Mexico, 18–22 April 1995, p. 35.
- Menkins, G. E., Jr., and S. H. Anderson.**
1988. Estimation of small-mammal population size. Ecology 69:1,952–1,959.
- Otis, D. L., K. P. Burnham, C. G. White, and D. R. Anderson.**
1978. Statistical inference from captures data on closed animal populations. Wildl. Monogr. 62, 135 p.

Pollock, K. H., J. D. Nichols, C. Brownie, and J. E. Hines.
1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildl. Monogr.* 107, 97 p.

Rice, D. W.

1974. Whales and whales research in the Eastern North Pacific. *In* W. E. Schevill (ed.), *The whale problem*, p. 170-195. Harvard Univ. Press, Cambridge, MA.

1978. The humpback whale in the North Pacific: distribution, exploitation, and numbers. *In* K. S. Norris and R. Reeves (eds.), *Report on a workshop on problems related to humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaii*, p. 29-44. U.S. Marine Mammal Commission, Washington, D.C.

Seber, G. A. F.

1982. *The estimation of animal abundance and related parameters*, 2nd ed. MacMillan, New York, NY, 654 p.

Urbán R., J., and A. Aguayo L.

1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Mar. Mamm. Sci.* 3(4):333-344.

Urbán R., J., A. Aguayo, L., M. Salinas, Z., R. Campos, R., K. C. Balcomb, J. K. Jacobsen, P. Ladrón de G. and C. Alvarez F.

1989. Abundance and interactions of the humpback whale, in the Mexican breeding grounds. *In* Abstracts of the 8th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. Monterey, CA.

Urbán R., J., K. C. Balcomb, C. Alvarez, P. Bloedel,

P. Cabbage, J. Calambokidis, J. Steiger, and A. Aguayo L.
1987. Photo-identification matches of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) between Mexico and central California. *In* Abstracts of the 17th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Miami, FL.

CAPÍTULO IV

DESTINOS MIGRATORIOS

Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific

J. URBÁN R.^{*}, A. JARAMILLO L.^{*}, A. AGUAYO L.^{*}, P. LADRÓN DE GUEVARA P.^{*}, M. SALINAS Z.^{*}, C. ALVAREZ F.^{*}, L. MEDRANO G.^{*}, J.K. JACOBSEN[†], K.C. BALCOMB[‡], D.E. CLARIDGE[‡], J. CALAMBOKIDIS[§], G.H. STEIGER[§], J.M. STRALEY[¶], O. VON ZIEGESAR[#], J.M. WAITE[‡], S. MIZROCH[‡], M.E. DAHLHEIM[‡], J.D. DARLING^ψ and C.S. BAKER^φ

Contact e-mail: jurban@uabcs.mx

ABSTRACT

The migratory destinations of humpback whales that winter off the Pacific coast of Mexico were examined using photo-identification. Fluke photographs taken between 1983 and 1993 from the three main whale aggregations in this area (383 from the Mainland coast; 471 from Baja California Peninsula; and 450 from Revillagigedo Archipelago) were compared with collections from all known summering grounds in the North Pacific (593 off California-Oregon-Washington; 48 off British Columbia; 429 off Southeastern Alaska; 141 off Prince William Sound; and 133 from the western Gulf of Alaska). The migratory movements of these whales were clearly non-random. The results of the photographic comparisons and the statistical tests show clear evidence for preferred migratory destinations of humpback whales from Mainland and Baja California to California-Oregon-Washington and British Columbia summering regions. Nevertheless, differences in whale abundance estimates between these summering and wintering aggregations indicate the presence of some unsampled summering region(s). The principal migratory destination was not detected for the Revillagigedo region, although matches were found with all the summering regions sampled. This supports the hypothesis that the humpback whales from Revillagigedo are separate from the 'American stock'. Based on the known abundance estimates, historical whaling records and genetic structure of the populations, it is proposed that historical feeding grounds off the Aleutian Islands and/or the Bering Sea are the main summer destinations of the whales from Revillagigedo.

KEYWORDS: HUMPBACK WHALE; BREEDING GROUNDS; DISTRIBUTION; MIGRATION; SITE FIDELITY; PHOTO-ID; NORTHERN HEMISPHERE; PACIFIC OCEAN

INTRODUCTION

Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) make long annual migrations between higher latitude, summering regions, and tropical and sub-tropical wintering areas where calving and presumably mating occur (e.g. Kellogg, 1928; Matthews, 1937; Mackintosh, 1942; Nishiwaki, 1959; Chittleborough, 1965; Dawbin, 1966).

The known summering range of humpback whales in the North Pacific extends offshore from California, along the coast of Oregon, Washington, British Columbia and Alaska, into the Bering Sea and southern Chukchi Sea, the Gulf of Alaska along the Aleutian Islands, the Sea of Okhotsk and northern Japan (Tomilin, 1957; Rice, 1978). Humpback whales appear to be divided into relatively discrete summering sub-populations, with only limited interchange among them (Baker *et al.*, 1986; Calambokidis *et al.*, 1996). Fidelity to these summering regions is determined maternally (Baker *et al.*, 1987; Clapham and Mayo, 1987). Summer humpback whale photo-identification research has been concentrated in the waters around Kodiak Island, Alaska (Waite *et al.*, 1999), Prince William Sound, Alaska (von Ziegesar, 1992), southeastern Alaska (Darling and McSweeney, 1985; Baker *et al.*, 1986; 1992; Perry *et al.*, 1990; Straley, 1990; 1994), British Columbia (Darling and

McSweeney, 1985; Calambokidis *et al.*, 1996), and California (Dohl *et al.*, 1983; Calambokidis *et al.*, 1989; 1996). Comparisons between these photographic datasets suggest that there may be more interchange among the summering aggregations from northern British Columbia up the coast to Prince William Sound than with the California summering aggregation (Calambokidis *et al.*, 1996; Waite *et al.*, 1999).

In the winter, North Pacific humpback whales migrate to three distinct regions: the western North Pacific around the Ogasawara (Bonin), Ryukyu and Mariana Islands (Townsend, 1935; Nishiwaki, 1959; Darling, 1991; Darling and Mori, 1993); the central North Pacific around the main Hawaiian Islands (Herman and Antinoya, 1977; Herman, 1979; Baker and Herman, 1981); and the eastern North Pacific near the offshore Revillagigedo Islands, in the southern part of Baja California Peninsula, and off mainland Mexico to as far south as Costa Rica (Rice, 1978; Urbán and Aguayo, 1987; Steiger *et al.*, 1991; Acevedo and Smultea, 1995).

Photo-identification studies have documented matches between Mexico and Hawaii (Darling and Jurasz, 1983; Darling and McSweeney, 1985; Baker *et al.*, 1986; Calambokidis *et al.*, 2000), and between Hawaii and the Ogasawara Islands (Darling and Cerchio, 1993; Salden

^{*} Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Ap. Post 19-B. La Paz, B.C.S. 23081 Mexico.

^{*} Laboratorio de Mamíferos Marinos, Universidad Nacional Autónoma de México. Ap. Post 70-572, México, D.F. 04510 Mexico.

[†] P.O. Box 4492, Arcata, CA 95521, USA.

[‡] Center for Whale Research, 1359 Smugglers Cove Road, Friday Harbor, Washington 98250, USA.

[§] Cascadia Research, 218 1/2 West Fourth Avenue, Olympia, Washington 98501, USA.

[¶] P.O. Box 273, Sitka, Alaska 99835, USA.

[#] North Gulf Oceanic Society, P.O. Box 15244, Homer, Alaska 99603, USA.

^ψ National Marine Mammal Laboratory, NOAA, 7600 Sand Point Way NE, Seattle, Washington 98115, USA.

^φ West Coast Whale Research Foundation, 1200-925 West Georgia Street, Vancouver, BC Canada V6C 3L2.

^φ School of Biological Sciences, University of Auckland, Private bag 92019, Auckland, New Zealand.

et al., 1999; Calambokidis *et al.*, In press), but the rate of this interchange is unknown (Baker *et al.*, 1998). To date, no matches had been found between Japan and Mexico.

Early observers of this species believed that the eastern and western North Pacific stocks moved up and down their respective coastlines, between winter and summer regions (Scammon, 1874; Kellogg, 1928; Tomilin, 1957). The failure of these authors to consider the Hawaiian wintering region may mean that either they were unaware of its existence or that it was not colonised by humpbacks at that time (Herman, 1979).

The first direct evidence of connections between summer and winter regions in the North Pacific came from eight humpback whales tagged with 'Discovery' tags. These tags were shot into the whales and later recovered when the whales were killed and processed (e.g. Brown, 1977). The data from the tags show that these marked animals moved between the eastern Aleutians and the Ryukyu Islands (Omura and Ohsumi, 1964; Nishiwaki, 1966; Ivashin and Rovnin, 1967; Ohsumi and Masaki, 1975; NMFS, 1991). More recently, studies based upon the photographic identification of individuals have revealed a more complex pattern of migratory movements: between Alaska and Hawaii (Darling and Jurasz, 1983; Darling and McSweeney, 1985; Baker *et al.*, 1985; 1986; Perry *et al.*, 1988; Straley, 1994); British Columbia and Hawaii (Darling and McSweeney, 1985); British Columbia and Japan (Darling *et al.*, 1996); California and Hawaii (Calambokidis *et al.*, 1989; 1993); and California and Costa Rica (Steiger *et al.*, 1991).

With regard to the Mexican wintering regions, evidence of a migratory destination was reported by Baker *et al.* (1986) and Perry *et al.* (1988). They found three resightings from 36 photographically identified whales in Mexican waters: one off California; one off southeastern Alaska; and one in the western Gulf of Alaska region. Urbán *et al.* (1987) found that approximately 10% of the whales matched between a comparison of about 100 whales from coastal Mexico and a similar number off central California.

These studies indicate strong fidelity to specific summer feeding areas and consistent migratory returns to winter breeding and calving regions. Baker *et al.* (1994) concluded that humpback whales in the eastern North Pacific could be divided into at least two groups or 'stocks' based on genetic evidence: a central stock that feeds in Alaskan waters and migrates predominantly to Hawaii, and an 'American' stock that feeds along the coast of California and winters off Mexico.

This paper reports on the migratory destinations of humpback whales that winter in the Mexican Pacific. Results are presented from a comparison of three catalogues of individually identified humpback whales photographed from the mainland coast of Mexico, Baja California Peninsula and Revillagigedo Archipelago, to collections from five summering regions in the North Pacific: the western Gulf of Alaska; Prince William Sound; southeastern Alaska; British Columbia; and the California-Oregon-Washington region.

METHODS

Photographic methods

Humpback whales were individually identified from photographs of the black and white pigment patterns and other natural marks on the ventral surface of the flukes (Katona *et al.*, 1979; IWC, 1990). Photographs were taken using 35mm cameras with 200-300mm lenses. The type of film used varied from project to project.

Black and white prints of whale flukes were compared visually by personnel of the Marine Mammal Laboratory of the Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) (all collections), and the Mexican and California-Oregon-Washington collections also by Cascadia Research Collective (CRC).

Study locations and periods

Research effort was concentrated in eight regions of the North Pacific (Table 1, Fig. 1). Three of these regions were winter breeding regions in Mexico and five were summer feeding regions.

Table 1

Regions	Years	No. individuals
Sample sizes and sample periods of humpback whales identified in Mexican wintering regions and the North Pacific summering regions.		
Mexican wintering regions		
(1) Mainland coast	1983-92	383
(2) Baja California Peninsula	1987-93	471
(3) Revillagigedo Archipelago	1986-92	450
North Pacific summering regions		
(4) California-Oregon-Washington	1981-92	593
(5) British Columbia	1975-91	48
(6) Southeastern Alaska	1987-92	429
(7) Prince William Sound	1977-91	141
(8) Western Gulf of Alaska	1992-93	133

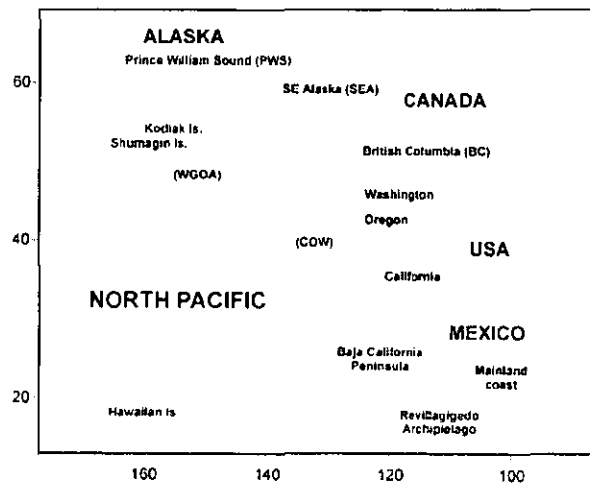


Fig. 1. Locations of photographic identification data collected for this study.

Mainland coast of Mexico (Mainland)

A total of 383 whales was identified off the mainland coast of Mexico between 1983 and 1992. Study areas in this region included Bahía de Banderas, Chacala, Isla Isabel and Islas Tres Marias. This region, as well as Baja California Peninsula and the Revillagigedo Archipelago, are described by Urbán and Aguayo (1987). Field work periods and participating institutions in the Mexican Pacific regions are shown in Table 2.

Baja California Peninsula (Baja California)

A total of 471 whales was identified between 1987 and 1993 off the southern coast of Baja California Peninsula, from Bahía Magdalena in the west coast to Bahía de la Paz in the Gulf of California.

Table 2

Study periods and data sources for each of the Mexican wintering regions. Key: UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México; UABCS, Universidad Autónoma de Baja California Sur; CWR, Center for Whale Research.

Region/ Season	Study period	Source
Mainland coast		
1983	19 Jan. 1983 - 15 Feb. 1983	UNAM
1984	23 Oct. 1983 - 26 Feb. 1984	UNAM
1985	18 Nov. 1984 - 1 Mar. 1985	UNAM
1986	20 Dec. 1985 - 4 Mar. 1986	UNAM
1987	25 Dec. 1986 - 20 Mar. 1987	UNAM
1988	22 Jan. 1988 - 8 Feb. 1988	UNAM
1989	24 Jan. 1989 - 5 Mar. 1989	UNAM
1990	25 Nov. 1989 - 21 Mar. 1990	CWR/UABCS/UNAM
1991	28 Nov. 1990 - 26 Feb. 1991	UNAM
1992	26 Dec. 1991 - 6 Mar. 1992	UNAM
Baja California Peninsula		
1987	10 Feb. 1987 - 5 Mar. 1987	CWR/UABCS
1988	6 Feb. 1988 - 8 Mar. 1988	CWR/UABCS
1989	23 Jan. 1989 - 25 Mar. 1989	CWR/UABCS
1990	20 Feb. 1990 - 31 Mar. 1990	CWR/UABCS
1991	24 Jan. 1991 - 23 Mar. 1991	UABCS
1992	20 Jan. 1992 - 2 Apr. 1992	UABCS
1993	15 Jan. 1993 - 5 Apr. 1993	UABCS
Revillagigedo Archipelago		
1986	16 Jan. 1986 - 20 Feb. 1986	UNAM
1987	20 Jan. 1987 - 5 Mar. 1987	UNAM
1988	1 Feb. 1988 - 9 Mar. 1988	UNAM
1989	16 Jan. 1989 - 7 Mar. 1989	UNAM
1990	31 Jan. 1990 - 20 Mar. 1990	UNAM
1991	5 Jan. 1991 - 25 Apr. 1991	UNAM
1992	18 Feb. 1992 - 7 May 1992	UNAM/UABCS

Revillagigedo Archipelago (Revillagigedo)

A total of 450 whales was identified between 1986 and 1992 off Revillagigedo Archipelago, primarily at Isla Socorro.

California, Oregon and Washington (COW)

Based on the high rate of matches between Oregon and Washington with California (Calambokidis *et al.*, 1996), this region has been considered a single intermixing summering ground. This is also supported by an analysis of historical whaling data (Clapham *et al.*, 1997). A total of 593 individuals identified between 1981 and 1992 was used in the comparison with Mexican wintering regions. Photographs were taken by Cascadia Research Collective (CRC), the Center for Whale Research (CWR) and other collaborators during humpback and blue whale photo-identification studies. Research was primarily conducted between July and November in waters out to about 60km off central California between 1986 and 1990 (Calambokidis *et al.*, 1990); whales have been sampled along the entire Californian coast since 1991 (Calambokidis *et al.*, 1993). Photographs taken before 1986 were contributed by other researchers. Coverage off Oregon and Washington was less extensive than off California and consisted of only 32 days of effort. Field methods are described in Calambokidis *et al.* (1996).

British Columbia (BC)

Two collections of humpback whale photographs from British Columbia were compared with whales identified from Mexico. Both collections were primarily from La Perouse Bank, off southwestern Vancouver Island, where 48 individuals were identified between 1975 and 1990 by the West Coast Whale Foundation (WCWF) and between 1990 and 1991 by CWR.

Southeastern Alaska (SEA)

Photographs of 429 individual humpback whales from the northern portion of southeastern Alaska (Frederick Sound to Icy Strait) were taken from 1988-1993. Field methods are as described in Straley (1990).

Prince William Sound, Alaska (PWS)

A total of 141 individual humpback whales was identified in Prince William Sound from 1977-1991 by the North Gulf Oceanic Society. Photographic methods are reported in von Ziegeler (1992).

Western Gulf of Alaska (WGOA)

Humpback whales were identified off Kodiak Island (104), the Shumagin Islands (22), and the eastern Aleutian Islands (7) during July and August 1992 and 1993 by staff of the National Marine Mammal Laboratory during line-transect vessel surveys for killer whales (Dahlheim and Waite, 1993; Dahlheim, 1994; Waite *et al.*, 1999).

Additional comparisons

In addition to the above comparisons, the Mexican humpback whale catalogue was also compared with that of the eastern North Pacific compiled by Perry *et al.* (1988). This includes 464 whales that were identified in southeastern Alaska between 1979 and 1985 (Baker *et al.*, 1992) and 95 humpbacks identified in the western Gulf of Alaska, Yakutat Bay and Prince William Sound between 1977 and 1985. This catalogue is a compendium of photographs from many independent researchers. Some of these photographs from Alaska are duplicates of photographs in the regional collections described above.

North Pacific Humpback Whale Fluke Collection

Information on matches in the North Pacific Humpback Whale Fluke Collection maintained by the National Marine Mammal Laboratory in Seattle, Washington (Mizroch *et al.*, 1990) was also used.

Interchange

An index of interchange was calculated to provide a relative quantification of the amount of movement between regions:

$$\text{Interchange Index} = (m_{12}/(n_1 * n_2)) * 1000$$

where:

- n_1 = whales identified (Marked) in sample 1;
- n_2 = whales identified in sample 2;
- m_{12} = marked whales matched between sample 1 and sample 2.

This index is basically the inverse of the Petersen capture-recapture index and has been used to examine rate of interchange of humpback whales among areas by several other researchers (Baker *et al.*, 1985; 1986; Calambokidis *et al.*, In press). A high value in this index occurs as a result of a small population being present or a high probability of the same individual being recaptured in both samples, while a low value reflects a low probability of recapture due to either a large population or an unlikely interchange of animals between the two samples.

Chi-squared test

Two kinds of chi-squared (χ^2) tests were performed for the three wintering areas. The first, a goodness of fit χ^2 , tested the null hypothesis that the observed whale distribution does

not differ from an expected ratio, in other words, that the whales are uniformly distributed across all the summering grounds. If the null hypotheses for all three areas are rejected, it can be concluded that the whales from a particular wintering region prefer at least one summering ground over the rest (i.e. they do not distribute equally across all the summering grounds). It is then valid to raise the question of whether the three samples belong to the same population and test this as a null hypothesis under a heterogeneity χ^2 test (Zar, 1996). The second test can be applied to the three wintering areas together or in pairs. If the null hypothesis of the heterogeneity test is rejected on any of the comparisons, this can be interpreted either that the populations have different preferences on summer destinations or that one has a particular preference but the other does not. On the other hand, if the null hypothesis is not rejected with high statistical power (> 0.8), this suggests that the whales belong to a single population with similar preferences in summer destinations.

RESULTS

Migratory destinations

All Mexican regions together

A total of 153 humpback whales from the Mexican regions matched to North Pacific summering regions show an overall rate of resightings (as measured by the Interchange Index) of 0.096. The COW region had the highest number of matches (131) and Interchange Index (0.187). The WGOA region had the fewest matches (4), and the SEA region had the lowest Interchange Index (0.010-Table 3; Fig. 2).

Mainland

A total of 107 humpback whales was matched between the Mainland and all summering regions. The largest number of matches was with the COW region (97), which represent 54% of all matches found. The highest Interchange Index with the Mainland was with the COW region with a value of 0.427. The Mainland region also presented a high Interchange Index with BC (0.218-Table 3, Fig. 2 and Fig. 3).

Baja California

The Baja California region showed a similar pattern as the Mainland. A total of 58 humpback whales were matched throughout all summering regions, except PWS. The largest number of matches was found with COW, with an Interchange Index of 0.193, whilst BC had only 0.088 (Table 3; Fig. 2 and Fig. 4).

Revillagigedo

Only 12 humpback whales were matched throughout all summering regions. No main migratory destination was identified; the highest degree of interchange was with BC (0.093), followed by PWS (0.079-Table 3; Fig. 2 and Fig. 5).

Goodness of fit

The goodness of fit test conducted for each of the Mexican wintering regions showed that in the three areas, the observations significantly differed from the expectations under the null hypothesis (Table 4). Thus, for all free areas, whales have specific preferences in their migratory destinations and are not distributed equally across the tested summering grounds.

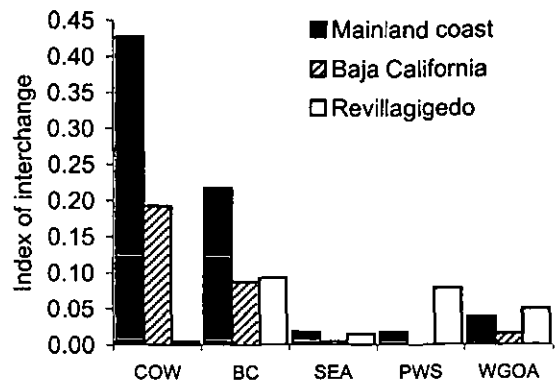


Fig. 2. Interchange Index between sampled summering areas and the three Mexican wintering regions.

Table 3

Number of matches observed and expected, and Interchange Index between Mexican wintering regions and North Pacific summering regions.

	COW (n=593)	BC (n=48)	SEA (n=429)	PWS (n=141)	WGOA (n=133)	All feeding regions (n=1,344)
All Mexican regions (n=1,180)						
Observed	131	7	5	6	4	153
Expected	68	5	49	16	15	153
Index	0.187	0.123	0.010	0.036	0.025	0.096
Mainland coast (n=383)						
Observed	97	4	3	1	2	107
Expected	47	4	34	11	11	107
Index	0.427	0.218	0.018	0.018	0.039	0.210
Baja California (n=471)						
Observed	54	2	1	0	1	58
Expected	26	2	18	6	6	58
Index	0.193	0.088	0.005	0	0.016	0.093
Revillagigedo (n=450)						
Observed	1	2	1	5	3	12
Expected	5	1	4	1	1	12
Index	0.004	0.093	0.005	0.079	0.050	0.023

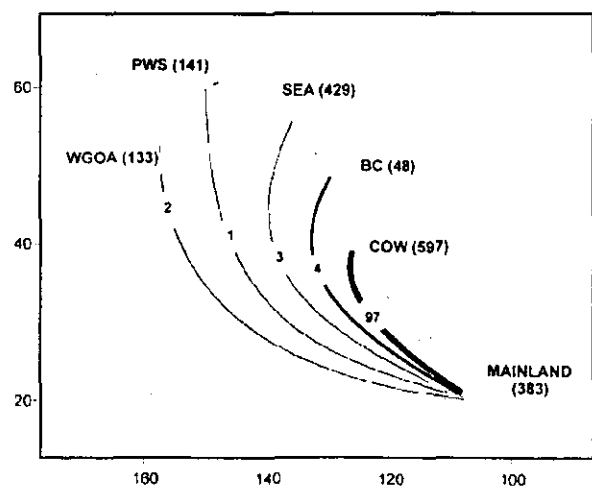


Fig. 3. Migratory destinations of the whales identified off the Mainland coast of Mexico.

The heterogeneity tests performed comparing the whales identified on each of the three wintering grounds, showed that the animals from Baja California and Mainland belong to the same population unit with similar preferences in their

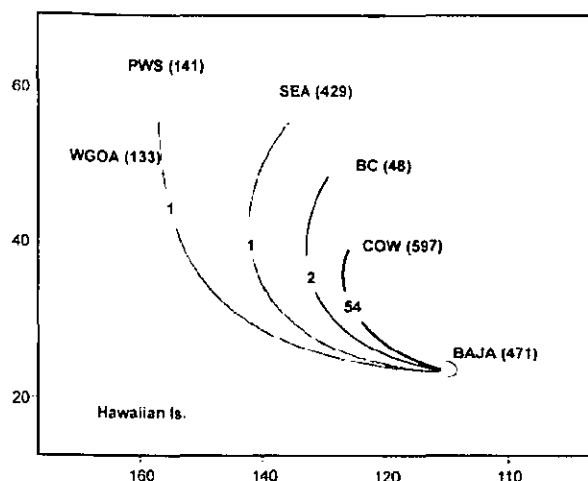


Fig. 4. Migratory destinations of the whales identified off Baja California Peninsula.

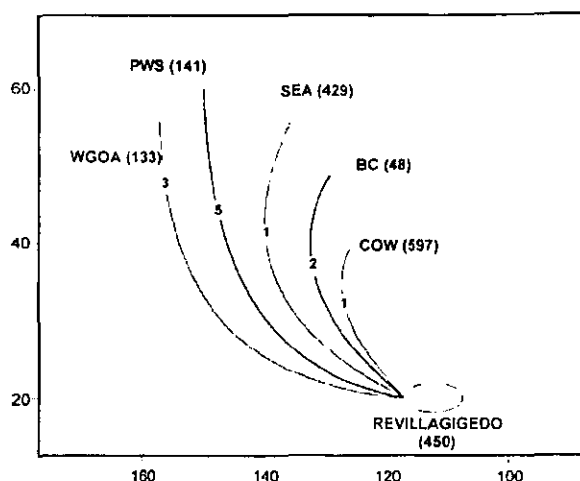


Fig. 5. Migratory destinations of the whales identified off the Revillagigedo Archipelago.

migratory destinations ($p > 0.995$). The humpback whales from Revillagigedo showed little if any similarity with the other Mexican wintering ground in their summer destinations (Table 5).

Different destinations

Humpback whales recorded in two or more Mexican wintering regions and a single summering region

A total of 23 whales photographed in both Mainland and Baja California were matched to a single summering region: 20 with COW, 1 with BC and 2 with SEA. Similarly, two whales photographed in both Mainland and Revillagigedo

Table 4

Interchange Index and Chi-Square test of the resightings between each of the Mexican wintering grounds and the summering regions.

Wintering regions	Interchange Index with all the Summering regions	Chi-Square	df	p
Mainland coast	0.210	97.2	4	<0.000000
Baja California	0.093	58.1	4	<0.000000
Revillagigedo	0.023	25.2	4	<0.000045

Table 5

The heterogeneity chi-squared (χ^2) tests performed comparing the whales identified on each of the three wintering grounds.

	COW	BC	SEA	PWS	WGOA	χ^2	df
All wintering regions:							
Total of χ^2						180.5428	12
Pool Obs.	152	8	5	6	6		
Pool Exp.	78.0959	6.3214	56.4977	18.5692	17.5156		
χ^2 of Totals	69.9370	0.4457	46.9402	8.5078	7.5709	133.4018	4
						Heterogeneity χ^2 47.1409	
						The homogeneity null hypothesis is rejected $p = < 0.001$	8
Mainland + Baja California:							
Total of χ^2						155.3224	8
Pool Obs.	151	6	4	1	3		
Pool Exp.	72.8013	5.8928	52.6674	17.3102	16.3281		
χ^2 of Totals	83.9961	0.0019	44.9712	15.3680	10.8793	155.2166	4
						Heterogeneity χ^2 0.1058	
						The homogeneity null hypothesis is accepted $p = > 0.995$	4
Mainland + Revillagigedo:							
Total of χ^2						122.4362	8
Pool Obs.	98	6	4	6	5		
Pool Exp.	52.5052	4.25	37.9843	12.4843	11.7760		
χ^2 of Totals	39.4204	0.7205	30.4056	3.3679	3.8989	77.8135	4
						Heterogeneity χ^2 44.6227	
						The homogeneity null hypothesis is rejected $p = < 0.001$	4
Baja California + Revillagigedo:							
Total of χ^2						83.3269	8
Pool Obs.	55	4	2	5	4		
Pool Exp.	30.8854	2.5	22.3437	7.3437	6.92708		
χ^2 of Totals	18.8280	0.9	18.5227	0.7480	1.2368	40.2357	4
						Heterogeneity χ^2 43.0912	
						The homogeneity null hypothesis is rejected $p = < 0.001$	4

were matched to a single summering region; one with PWS, and the other with WGOA. Finally, a whale photographed in the three Mexican wintering regions was matched with WGOA (Table 6).

Humpback whales from one or two Mexican wintering regions matched with two summering regions

Only one whale was matched with two different summering regions. A whale photographed in Revillagigedo was matched with SEA and PWS regions (whale No. 912 UABCS and 2419 NMML catalogues).

Humpback whales matched between a summering region and more than one North Pacific wintering region

Only two whales were photographed in both a Mexican wintering region and Hawaii as well as a known summering region destination. Both whales were recorded at Revillagigedo. One was recorded in the SEA summering region and the other in the WGOA (whales No. 48 and 2255 NMML catalogue).

DISCUSSION

Mainland and Baja California

The results of the photographic comparisons and the statistical tests show clear evidence for preferred migratory destinations of humpback whales from Mainland and Baja California to COW and BC summering regions. These findings are consistent with the previous demographic evidence for population structure in the North Pacific (Baker *et al.*, 1986; Urbán *et al.*, 1987; Alvarez *et al.*, 1990; Baker *et al.*, 1998; Calambokidis *et al.*, In press).

Nevertheless, it is important to consider that the population size estimated for COW (around 900 animals, Calambokidis *et al.*, 1999), is about half of the population size of the wintering regions of Baja California and Mainland (around 1,800 animals, Urbán *et al.*, 1999). This indicates the presence of some unsampled summering region(s). This is also consistent with the early 1900s whaling data. During an eight-year period, 2,473 humpback whales were killed from three stations off California and Washington. Although this hunting depleted the whale aggregations in this summering region, such a decline was not as apparent off Mexico, where 902 humpbacks were taken in Baja California between late 1924 and 1926, at a time when the catches off California and Washington were in marked decline, because that wintering region is the migratory destination of whales from a number of summering regions (Clapham *et al.*, 1997).

It should also be pointed out that, although the proportion of matched whales is almost identical between Baja California and Mainland, the Interchange Index of Baja California with the different summering regions is just under half that of the Mainland (Table 3). This may indicate a greater importance of unsampled summering regions as migratory destinations to Baja California than to the Mainland. Calambokidis *et al.* (2000), found 11% of the whales from Baja California, 25% from Mainland Mexico and 84% from Costa Rica/Panama matched with the whales from the COW summering region. This pattern of migration suggests a series of partially overlapping migratory corridors and destinations along the coast of North America that could result in a clinal distribution of mtDNA types as suggested by Medrano-González *et al.* (1995).

If this hypothesis is true, Baja California, and to a lesser degree Mainland, could be a region of overlap for animals migrating from unsampled regions, BC and COW to primary

wintering grounds in Mexico and Central America. The high genetic diversity in this region supports this idea (Baker *et al.*, 1998).

Table 6

Humpback whales matched between a summering region and more than one Mexican wintering region.

Whale No. UABCS {CRC} [NMML]	Region	Year	Mexican wintering region	Year
004 {10605}	COW	1992, 93, 94	Baja	1989
			Mainland	1990
054 {10131}	COW	1987, 90, 91, 92, 94	Mainland	1986
			Baja	1990
058 {10132}	COW	1987, 88, 89	Mainland	1987
			Baja	1988, 90
060 {10415}	COW	1990, 91, 92	Mainland	1989
			Baja	1990, 92
067 {10028}	COW	1985, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 94	Mainland	1983, 84, 89
			Baja	1989
070 {10530}	COW	1991, 92, 93	Mainland	1987, 90
			Baja	1988
072 {10042}	COW	1986, 87, 88, 89, 90	Baja	1989
			Mainland	1990
092 {10338}	COW	1989, 90, 92, 93	Mainland	1986
			Baja	1988
134 {10068}	COW	1986, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94	Baja	1988
			Mainland	1990
196 {12002}	COW	1990, 91, 93	Mainland	1990, 91
			Baja	1991, 92
204 {10433}	COW	1990, 92	Mainland	1990, 91
			Baja	1991
248 {10002}	COW	1986, 87, 88, 91, 92, 93, 94	Mainland	1985, 86, 90, 92
			Baja	1992
258 {10028}	COW	1985, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94	Mainland	1985, 86
			Baja	1992
303 {10020}	COW	1986, 87, 88, 89, 92	Mainland	1990
			Baja	1992
326 {9029}	COW	1988, 91, 92, 94	Mainland	1990
			Baja	1992
389 {10104}	COW	1987, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94	Mainland	1990
			Baja	1992
398 {10004}	COW	1986, 87, 88, 89	Mainland	1990
			Baja	1993
258 {10028}	COW	1985, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94	Mainland	1985, 86
			Baja	1992
1105 {9018}	COW	1988, 90, 91, 92, 94	Mainland	1985, 89, 91
			Baja	1993
1124 {10150}	COW	1987, 88, 92	Mainland	1986
			Baja	1988
111 {2044}	BC	1989, 90	Mainland	1986
			Baja	1987
364 {2021} {14015}	BC	1989, 90, 94	Revillagigedo	1986, 91
			Baja	1992
035 {7601}	SEA	1988	Baja	1990
			Mainland	
039 {5016}	SEA	1980, 81, 82, 86, 89, 91, 94	Baja	1988
			Mainland	1990
267 {5456}	SEA	1979, 80, 85, 92	Baja	1992
			Revillagigedo	1991
755 {2435}	PWS	1977, 79, 80, 83	Mainland	1978
			Revillagigedo	1988, 91
926 {2070}	WGOA	1992	Mainland	1986
			Revillagigedo	1989
			Baja	1990, 93

Revillagigedo

Migration patterns for the Revillagigedo region differ from those for the other Mexican wintering grounds. Although matches were found with all the summering regions sampled, no principal migratory destination was detected.

The hypothesis that the humpback whales from Revillagigedo are separate from the 'American stock', that feeds along the coast of British Columbia, California, and winters off Baja California, mainland coast of Mexico, and Central America, has been suggested previously. This hypothesis is based on: the different degree of individual interchange of the three Mexican wintering regions (Urbán *et al.*, 1989; 1999; Alvarez *et al.*, 1990; Ladrón de Guevara P *et al.*, 1993); the significant difference in mtDNA haplotype frequencies relative to those found off Baja California and mainland coast regions (Medrano-González *et al.*, 1995; Baker *et al.*, 1998); a higher resighting rate of individuals during the season than at any other wintering region studied (50% versus 4-15%), perhaps due to the small number of islands in a relatively small area, and a low population size; and the higher number of known matches between Hawaii and Revillagigedo than between Hawaii and the other Mexican regions (Darling and Jurasz, 1983; Darling and McSweeney, 1985; Baker *et al.*, 1986; Perry *et al.*, 1988; 1990; Calambokidis *et al.*, In press).

Missing summering ground(s)?

Evidence from abundance estimates

As previously stated, estimates of abundance on the wintering grounds are typically considerably larger than those from known summering grounds. Abundance in the California region was estimated at 582 in 1991-92 (Calambokidis *et al.*, 1993) and 905 in 1997 (Calambokidis *et al.*, 1999); while for the Mainland and Baja California Mexican wintering grounds it was estimated at 1,813 (918-2,505) in 1992, and 914 (590-1,193) for Revillagigedo in 1991 (Urbán *et al.*, 1999). In the central stock, abundance in southeastern Alaska was estimated to be 504-590 in 1986 (Baker *et al.*, 1992) and 350-458 for the period 1985-92 (Straley *et al.*, 1995), while in Hawaii it was estimated to be 1,400-2,000 in 1981-84 (Darling and Morowitz, 1986; Baker and Herman, 1987), and close to 4,000 in 1993 (Cerchio, 1998).

Results of an ocean-basin-wide mark-recapture study of North Atlantic humpback whales show that both the genotypic and photographic estimates using only feeding-area data were significantly lower than those using only breeding-area data (Smith *et al.*, 1999). The authors concluded that the apparent downward bias of the estimate could be due to (1) the existence of a still-unknown feeding area that was not sampled; (2) spatial heterogeneity in the probability of animals being sampled in known feeding areas; or (3) heterogeneity in the probability of being sampled that was related to other individual animal characteristics (Smith *et al.*, 1999).

It seems likely that the differences in estimates of abundance between summering and wintering grounds in the North Pacific can at least partially result from uncertain reliability and representativeness because of limitations in both sampling methodology and spatial coverage, and reflect bias due to the different causes of heterogeneity in the probability of animals being sampled (Hammond, 1986). However, taking into account the large differences in the abundance estimates, it seems probable that there is also a lack of data from one or more summering regions used by humpback whales in the North Pacific.

Evidence from historical distribution

Information on the pre-exploitation summering range of humpback whales points to some probable locations for one or more of these missing stock components. The waters along the continental shelf of the central Aleutian Islands were once considered the centre of the North Pacific humpback whale population (Nishiwaki, 1966; NMFS, 1991). A comparison of a map of distribution of humpback whales during the period of feeding with the scheme of currents in the Northeast Pacific, reveals that the most dense aggregations of whales were observed in the regions of cyclonic circular currents to the south of the Fox, Shumagin and Kodiak islands, in the northwestern part of Bristol Bay and partly in the northwestern part of the Gulf of Alaska (Doroshenko, 2000).

Whaling records indicate that 1,510 humpback whales were caught mainly in Unimak Pass and the Bering Sea, between 1926 and 1939 by American whalers based at Akutan and Port Hobron, Alaska (Reeves *et al.*, 1985). Russian and Japanese fleets harvested whales intensively throughout the Aleutian Islands from 1905-1929 and again from 1960-1965. During these periods, more than 4,700 humpbacks were killed in this region (Rice, 1978).

Recent information documenting the 'real' Soviet catches of humpback whales in the North Pacific shows that close to 7,000 whales were caught between 1961 and 1971 (compared to 4,254 originally reported to the International Whaling Commission). In 1963 alone, the catch of humpback whales was 2,625, whereas in the late 1960s the catches dropped to zero. For several more seasons, Soviet whaling fleets searched the Gulf of Alaska and Bristol Bay for humpback whales, but neither whalers nor scouting ships could find them (Doroshenko, 2000).

Humpback whales were also known to summer along the Asian coast, particularly around the Kamchatka Peninsula and the Sea of Okhotsk (Tomilin, 1957), but there are few data on their distribution south of the Sea of Okhotsk (NMFS, 1991). According to Doroshenko (2000), in recent years, many whales have been observed in the northwestern part of the Bering Sea in the Gulf of Anadyr and in the region of the Bering Strait, as well as in the southern part of the Chukchi Sea.

The current status of humpback whales along the Aleutians is largely unknown, although aerial surveys report substantial numbers around Kodiak Island (Brueggeman *et al.*, 1989). Recently, Waite *et al.* (1999) suggest that the Kodiak Island region supports a separate summering aggregation of humpback whales in the North Pacific, which could be large, based on the low number of resights between years.

Evidence from genetic structure

Regarding the genetic structure of humpback whales in the North Pacific, Baker *et al.* (1990; 1994; 1998) describe that the greatest differences in mtDNA haplotype frequencies were found among three summering grounds. The California summering ground was dominated by *E* and *F* types while southeastern Alaska and Prince William Sound were all *A*- and *A*+ types. There is no genetic information about the whales from the Aleutian or Kodiak Islands. Differences among the wintering grounds were less marked; *E*, *F* and *A*+ types dominated the Mexican wintering grounds but the *A*- type was also present. The Ogasawara Islands, in Japan, showed a surprising similarity to Mexican wintering grounds. Only Hawaii differed significantly from all the other wintering grounds, being dominated by *A*+ and *A*- types although types *E* and *F* were also represented.

Conclusion

Considering the information presented above, we hypothesise that there is at least one unsampled summering ground of more than 2,000 whales dominated by *E* and *F* types. These whales could occupy their historical distribution off the Aleutian Islands and/or the Bering Sea. This summering ground(s) would be the main summer destination of the whales from Revillagigedo and the summering area for the 'missing' whales from Baja California, Mainland, Japan and Hawaii.

Population structure

Despite the site fidelity of humpback whales to specific areas, migrations between summering areas and wintering regions have not generally followed a sufficiently simple pattern to allow the definition of an integrated wintering/summering region population structure. The present findings (see Figs 3-5) show a preference of the Baja California and Mainland humpback whales to COW and BC, but also the presence of humpback whales from all the sampled summering regions in each of the Mexican wintering regions (except between PWS and Baja California).

No systematic comparison has been conducted between the Mexican humpback whale catalogues and those of the wintering regions of Hawaii and Japan. Nevertheless, there are some matches published based on comparisons of limited samples (Darling and Jurasz, 1983; Darling and McSweeney, 1985; Baker *et al.*, 1986; Perry *et al.*, 1988; 1990; Calambokidis *et al.*, 2000), and others from the North Pacific Humpback Whale Collection (unpublished data). There are no matches known with Japanese wintering regions. A total of 31 matches between Hawaii and Mexican wintering regions are known, none of which were to the mainland region: 2 whales were seen in both the Revillagigedo and Baja California regions, 6 only in Baja California and 21 only in Revillagigedo. One of these 21 matches was for 5 February 1986 at Isla Clarión, Revillagigedo Archipelago and 28 March 1986 at Kauai, Hawaii, some 4,700km away (North Pacific Humpback Whale Collection, unpublished data; Helweg *et al.*, 1990; Darling and Cerchio, 1993).

Some management strategies recognise, explicitly or implicitly, reproductive isolation as a requirement for defining population sub-divisions (e.g. the International Whaling Commission, Donovan, 1991; and the US Endangered Species Act, Waples, 1991). According to Baker *et al.* (1998) the finding of significant differences between a central (Alaska-Hawaii) and eastern (California-Mexico) stock of humpback whales in both mitochondrial and nuclear DNA loci fulfils the criterion of reproductive isolation.

Defining population structure based on whale distribution on the wintering grounds appears less ambiguous than using data from the summering regions because whales breed in the former, are separated geographically by large distances, and most regions have been sampled using photo-identification methods and genetic analyses. Based on this, Calambokidis *et al.* (In press) conclude that there are at least three sub-populations of humpback whales in the North Pacific (those wintering off Hawaii, Japan and Mexico-Central America). Our data from the sub-regions of Mexico support the conclusion that a link between the known BC-COW areas and the Baja California-Mainland-Central America region is evidence of a distinct sub-population (Calambokidis *et al.*, 2000). The results also indicate that this coastal sub-population is

relatively distinct from that of Revillagigedo. However, the preferred summer destination for this sub-population remains unknown.

ACKNOWLEDGEMENTS

This project would not have been possible without the collaboration of many researchers who generously agreed to provide their data. Organisations supporting these researchers include: Universidad Autonoma de Baja California Sur; Universidad Nacional Autonoma de Mexico; Cascadia Research Collective; Center for Whale Research; J. Straley Investigations; North Gulf Oceanic Society; National Marine Mammal Laboratory; University of Hawaii and the University of Auckland. In addition to the authors, a number of people had key roles in the collecting or cataloguing of photographs used in this study. They include: Juan C. Salinas, of the Universidad Autónoma de Baja California Sur; Prentice Bloedel, at the Center for Whale Research; and Craig Matkin with the Gulf Coast Oceanic Society. Many other people and organisations assisted in the funding and collection of data in the individual studies, including at Revillagigedo: the Secretaría de Marina (Sector Naval, Isla Socorro), Whale and Dolphin Conservation Society, W. Rossiter and the Cetacean Society International, E. Connors, M. Cannava, C. Olivera, L. Sarti, M. Rivas and M. Arias; off Mainland Mexico: the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Amy Camacho from African Safari, Cetacean Society International, Cet-Mar No. 6, Staff of the Marine Mammal Laboratory and Fishermen from Punta Mita; off Baja California: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAP), Consejo Nacional para la Biodiversidad (CONABIO), Earthwatch (1990), A. Jaramillo, S. Chávez, J.C. Salinas, E. Vázquez and Luis Enriquez Alejandro Gómez-Gallardo; off Kodiak and the western Gulf of Alaska: K. Balcomb-Bartok, B. Caruso, T. Chandler, K. Chumbley, D. Ellifrit, J. Evenson, C. Hutchinson, J. Jacobsen, J. Lerczak, B. Mathews, B. Miller, R. Osborne, R. Ream, J. Sease, F. Sharpe, J. Stern, M. Strick, J. Swenson and R. Towell; off California: Pacific Cetacean Group, Moss Landing Marine Laboratory, Southwest Fisheries Science Center, Oceanic Society Expeditions and Shearwater Journeys; also, N. Black, T. Chandler, K. Flynn, Z. Thomas, P. Rudolph, A. Reitsch, D. Meister, J. Quan, L. Randolph, Z. Schwartz, A. Rebollo, A. Randle, T. Kieckhefer, P. Howorth, R. Smith, E. Martin and others. P. Clapham, G. Donovan and two anonymous reviewers critically read the manuscript, made valuable suggestions and corrected the English.

REFERENCES

- Acevedo, A. and Smulter, M.A. 1995. First records of humpback whales including calves at Golfo Dulce and Isla del Coco, Costa Rica, suggesting geographical overlap of northern and southern hemisphere populations. *Mar. Mammal Sci.* 11(4):554-60.
- Alvarez, C., Aguayo, A., Rueda, R. and Urbán, J. 1990. A note on the stock size of humpback whales along the Pacific coast of Mexico. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue) 12:191-3.
- Baker, C.S. and Herman, L.M. 1981. Migration and local movement of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) through Hawaiian waters. *Can. J. Zool.* 59:460-9.
- Baker, C.S. and Herman, L.M. 1987. Alternative population estimates of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaiian waters. *Can. J. Zool.* 65(11):2818-21.
- Baker, C.S., Herman, L.M., Perry, A., Lawton, W.S., Straley, J.M. and Straley, J.H. 1985. Population characteristics and migration of summer and late-season humpback whales (*Megaptera*

- novaeangliae*) in southeastern Alaska. *Mar. Mammal Sci.* 1(4):304-23.
- Baker, C.S., Herman, L.M., Perry, A., Lawton, W.S., Straley, J.M., Wolman, A.A., Kaufman, G.D., Winn, H.E., Hall, J.D., Reinke, J.M. and Ostman, J. 1986. Migratory movement and population structure of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the central and eastern North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 31:105-19.
- Baker, C.S., Perry, A. and Herman, L.M. 1987. The reproductive histories of female humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41:103-14.
- Baker, C.S., Palumbi, S.R., Lambertsen, R.H., Weinrich, M.T., Calambokidis, J. and O'Brien, S.J. 1990. Influence of seasonal migration on geographic distribution of mitochondrial DNA haplotypes in humpback whales. *Nature, Lond.* 344(6263):238-40.
- Baker, C.S., Straley, J.M. and Perry, A. 1992. Population characteristics of individually identified humpback whales in southeastern Alaska - summer and fall 1986. *Fish. Bull.* 90(3):429-37.
- Baker, C.S., Slade, R.W., Bannister, J.L., Abernethy, R.B., Weinrich, M.T., Lien, J., Urbán, J., Corkeron, P., Calambokidis, J., Vasquez, O. and Palumbi, S.R. 1994. Hierarchical structure of mitochondrial DNA gene flow among humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, world-wide. *Mol. Ecol.* 3:313-27.
- Baker, C.S., Medrano-González, L., Calambokidis, J., Perry, A., Pichler, F., Rosenbaum, H., Straley, J.M., Urbán, J., Yamaguchi, O. and von Ziegler, O. 1998. Population structure of nuclear and mitochondrial DNA variation among humpback whales in the North Pacific. *Mol. Ecol.* 7(6):695-708.
- Brown, S.G. 1977. Whale marking: a short review. pp. 569-81. In: M. Angel (ed.) *A Voyage of Discovery: George Deacon 70th Anniversary Volume*. Pergamon Press, Oxford.
- Brueggeman, J.K., Green, G.A., Grotefendt, R.A., Tressler, R.W. and Chapman, D.G. 1989. Marine mammal habitat use in the north Aleutian Basin, St George Basin and Gulf of Alaska. pp.97-108. In: L.E. Jarvela and L.K. Thorsteinson (eds.) *Proceedings of the Gulf of Alaska, Cook Inlet and North Aleutian Basin Information Update Meeting, Feb. 7-8, 1989, Anchorage, Alaska*. [Available from NOAA, NOS, Office of Oceanography and Marine Assessment, 222 W. Eighth Avenue, No. 56, Anchorage, AK 99513-7543].
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Cabbage, J.C., Balcomb, K.C. and Bloedel, P. 1989. Biology of humpback whales in the Gulf of the Farallones. Report to Gulf of the Farallones National Marine Sanctuary, San Francisco, California. 93pp. [Available from J. Calambokidis, e-mail: Calambokidis@CascadiaResearch.org].
- Calambokidis, J., Cabbage, J.C., Steiger, G.H., Balcomb, K.C. and Bloedel, P. 1990. Population estimates of humpback whales in the Gulf of the Farallones, California. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue) 12:325-33.
- Calambokidis, J., Steiger, G.H. and Evenson, J.R. 1993. Photographic identification and abundance estimates of humpback and blue whales off California in 1991-92. Final Contract Report 50ABNF100137 submitted to the Southwest Fisheries Science Center, PO Box 271, La Jolla, CA 92038-0271, USA. 67pp. [Available from J. Calambokidis, e-mail: Calambokidis@CascadiaResearch.org].
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Evenson, J.R., Flynn, K.R., Balcomb, K.C., Claridge, D.E., Bloedel, P., Straley, J.M., Baker, C.S., von Ziegler, O., Dahlheim, M.E., Waite, J.M., Darling, J.D., Ellis, G. and Green, G.A. 1996. Interchange and isolation of humpback whales off California and other North Pacific feeding grounds. *Mar. Mammal Sci.* 12(2):215-26.
- Calambokidis, J., Chandler, T., Rasmussen, K., Steiger, G.H. and Schlender, L. 1999. Humpback and blue whale photo-identification research off California, Oregon and Washington in 1998. Final report to Southwest Fisheries Science Center, Olympic Coast National Marine Sanctuary, University of California at Santa Cruz, and Cornell University. 36pp. [Available from J. Calambokidis, e-mail: Calambokidis@CascadiaResearch.org].
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Rasmussen, K., Urbán R, J., Balcomb, K.C., Ladrón de Guevara P, P., Salinas Z, M., Jacobsen, J.K., Baker, C.S., Herman, L.M., Cerchio, S. and Darling, J. 2000. Migratory destinations of humpback whales that feed off California, Oregon and Washington. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 192:295-304.
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Straley, J., Herman, L.M., Cerchio, S., Salden, D., Urbán R, J., Jacobsen, J.K., von Zeigler, O., Balcomb, K.C., Gabriele, C.M., Dahlheim, M.E., Uchida, S., Ellis, G., Miyamura, Y., Ladrón de Guevara P, P., Yamaguchi, M., Sato, F., Mizroch, S.A., Schlender, L., Rasmussen, K. and Barlow, J. In press. Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. *Mar. Mammal Sci.*
- Cerchio, S. 1998. Estimates of humpback whale abundance off Kauai, Hawaii, 1989 to 1993: evaluating biases associated with sampling the Hawaiian Islands wintering assemblage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 175:23-34.
- Chittleborough, R.G. 1965. Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 16:33-128.
- Clapham, P.J. and Mayo, C.A. 1987. Reproduction and recruitment of individually identified humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, observed in Massachusetts Bay, 1979-1985. *Can. J. Zool.* 65(12):2853-63.
- Clapham, P.J., Leatherwood, S., Szczepaniak, I. and Brownell Jr, R.L. 1997. Catches of humpback and other whales from shore stations at Moss Landing and Trinidad, California, 1919-1926. *Mar. Mammal Sci.* 13(3):368-94.
- Dahlheim, M.E. 1994. Abundance and distribution of killer whales (*Orcinus orca*) in Alaska, 1993. Annual Report to the MMPA Assessment Program, Office of Protected Resources, NMFS, NOAA, 1335 East-West Highway, Silver Spring, MD 20910. 28pp. [Available from M. Dahlheim, e-mail: marilyn.dahlheim@noaa.gov].
- Dahlheim, M.E. and Waite, J.M. 1993. Abundance and distribution of killer whales (*Orcinus orca*) in Alaska in 1992. Annual Marine Mammal Assessment Program report to the Office of Protected Resources, NMFS, Silver Spring, Maryland. 12pp. [Available from M. Dahlheim, e-mail: marilyn.dahlheim@noaa.gov].
- Darling, J.D. 1991. Humpback whales in Japanese waters, Fluke whales (*Megaptera novaeangliae*). *Can. J. Zool.* 63:308-14.
- Darling, J.D. and Cerchio, S. 1993. Movement of a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) between Japan and Hawaii. *Mar. Mammal Sci.* 9(1):84-9.
- Darling, J.D. and Jurasz, C.M. 1983. Migratory destinations of North Pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). pp. 359-68. In: R. Payne (ed.) *Communication and Behavior of Whales*. AAAS Selected Symposium 76. Westview Press, Colorado. xii+643pp.
- Darling, J.D. and McSweeney, D.J. 1985. Observations on the migrations of North Pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Can. J. Zool.* 63:308-14.
- Darling, J.D. and Mori, K. 1993. Recent observations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Japanese waters off Ogasawara and Okinawa. *Can. J. Zool.* 71(2):325-33.
- Darling, J.D. and Morowitz, H. 1986. Census of 'Hawaiian' humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification. *Can. J. Zool.* 64:105-11.
- Darling, J.D., Calambokidis, J., Balcomb, K.C., Bloedel, P., Flynn, K., Mochizuki, A., Mori, K., Sato, F., Suganuma, H. and Yamaguchi, M. 1996. Movement of a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) from Japan to British Columbia and return. *Mar. Mammal Sci.* 12(2):281-7.
- Dawbin, W.H. 1966. The seasonal migratory cycle of humpback whales. pp. 145-70. In: K.S. Norris (ed.) *Whales, Dolphins, and Porpoises*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. xv+789pp.
- Dohl, T.P., Guess, R.C., Duman, M.L. and Helm, R.C. 1983. Cetaceans of central and northern California, 1980-1983: status, abundance and distribution. Investigator's final report: marine mammal and seabird study, central and northern California. Prepared for the Pacific OCS Region Minerals Management Service 84-0045, US Dept. of the Interior, Contract 14-12-0001-29090 (unpublished). 284pp. [Available from: pacwebmaster@mms.gov].
- Donovan, G.P. 1991. A review of IWC stock boundaries. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue) 13:39-68.
- Doroshenko, N.V. 2000. Soviet catches of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the North Pacific. pp. 48-95. In: A.V. Yablokov and V.A. Zemsky (eds.) *Soviet Whaling Data (1949-1979)*. Center for Russian Environmental Policy, Moscow. 408pp.
- Hammond, P.S. 1986. Estimating the size of naturally marked whale populations using capture-recapture techniques. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 8):253-82.
- Helweg, D.A., Herman, L.M., Yamamoto, S. and Forestell, P.H. 1990. Comparison of songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) recorded in Japan, Hawaii, and Mexico during the winter of 1989. *Sci. Rep. Cetacean Res.* 1:1-20.
- Herman, L.M. 1979. Humpback whales in Hawaiian waters: a study in historical ecology. *Pac. Sci.* 33(1):1-15.
- Herman, L.M. and Antinoro, R.C. 1977. Humpback whales in the Hawaiian breeding waters: population and pod characteristics. *Sci. Rep. Whales Res. Inst., Tokyo* 29:59-85.
- International Whaling Commission. 1990. Report of the Workshop on Individual Recognition and the Estimation of Cetacean Population Parameters, La Jolla, 1-4 May 1988. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue) 12:3-40.

- Ivashin, M.V. and Rovnin, A.A. 1967. Some results of the Soviet whale marking in the waters of the North Pacific. *Norsk Hvalfangsttid.* 56(6):123-35.
- Katona, S., Baxter, B., Brazier, O., Kraus, S., Perkins, J. and Whitehead, H. 1979. Identification of humpback whales by fluke photographs. pp. 33-44. In: H.E. Winn and B.L. Olla (eds.) *Behavior of Marine Animals*. Vol. 3. *Cetaceans*. Plenum Press, New York and London. i-xix + 438pp.
- Kellogg, R. 1928. What is known of the migration of some of the whalebone whales. Annual Report of the Board of Regents, Smithsonian Institution, Washington, D.C. pp. 467-94.
- Ladrón de Guevara P., Urbán-R, J., Salinas-Z, M., Jacobsen, J., Balcomb, K.C., Jaramillo-L, A., Claridge, D. and Aguayo-L, A. 1993. Relationships among winter aggregations of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. Abstract presented to the XVII Reunion Internacional Para el Estudio de los Mamíferos Marinos, La Paz, Baja California, Mexico. 4-7 May, 1993. [Abstract in both Spanish and English].
- Mackintosh, N.A. 1942. The southern stocks of whalebone whales. *Discovery Rep.* 22:197-300.
- Matthews, L.H. 1937. The humpback whale, *Megaptera nodosa*. *Discovery Rep.* 17:7-92.
- Medrano-González, L., Aguayo L, A., Urbán-Ramirez, J. and Baker, C.S. 1995. Diversity and distribution of mitochondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeangliae* in the Mexican Pacific Ocean. *Can. J. Zool.* 73:1735-43.
- Mizroch, S.A., Beard, J. and Lynde, M. 1990. Computer assisted photo-identification of humpback whales. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue) 12:63-70.
- National Marine Fisheries Service. 1991. Recovery plan for the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). Prepared by the Humpback Whale Recovery Team for the National Marine Fisheries Service, Silver Spring, Maryland. 105pp. [Available from: http://www.nmfs.noaa.gov/prot_res/PDF_docs/humpbkpr.pdf].
- Nishiwaki, M. 1959. Humpback whales in Ryukyuan waters. *Sci. Rep. Whales Res. Inst., Tokyo* 14:49-87.
- Nishiwaki, M. 1966. Distribution and migration of the larger cetaceans in the North Pacific as shown by Japanese whaling results. pp. 171-91. In: K.S. Norris (ed.) *Whales, Dolphins and Porpoises*. University of California, Berkeley and Los Angeles. xv+789pp.
- Ohsumi, S. and Masaki, Y. 1975. Japanese whale marking in the North Pacific, 1963-1972. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.* 13:171-219.
- Omura, H. and Ohsumi, S. 1964. A review of Japanese whale marking in the North Pacific to the end of 1962, with some information on marking in the Antarctic. *Norsk Hvalfangsttid.* 54(4):90-112.
- Perry, A., Mobley, J.R., Baker, C.S. and Herman, L.M. 1988. *Humpback Whales of the Central and Eastern North Pacific: A Catalog of Individual Identification Photographs*. Sea Grant Miscellaneous Report, UNITH-SEAGRANT-MR-88-02, Honolulu. i-ix + 37pp + C1-158 + 11-38pp. [Available from University of Hawaii Sea Grant College Program, 1000 Pope Road, MSB 200, Honolulu, HI 96822].
- Perry, A., Baker, C.S. and Herman, L.M. 1990. Population characteristics of individually identified humpback whales in the central and eastern North Pacific: a summary and critique. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue) 12:307-17.
- Reeves, R.R., Leatherwood, S., Karl, S.A. and Yohe, E.R. 1985. Whaling results at Akutan (1912-39) and Port Hobron (1926-37), Alaska. *Rep. int. Whal. Commn* 35:441-57.
- Rice, D.W. 1978. The humpback whale in the North Pacific: distribution, exploitation, and numbers. In: K.S. Norris and R. Reeves (eds.) *Report on a Workshop on Problems Related to Humpback Whales (Megaptera novaeangliae) in Hawaii*. Report to the Marine Mammal Commission, July 1977, Washington, DC. 21pp. [Available from NMML Library, <http://nmml.afsc.noaa.gov/library>].
- Salden, D.R., Herman, L.M., Yamaguchi, M. and Sato, F. 1999. Multiple visits of individual humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) between the Hawaiian and Japanese winter grounds. *Can. J. Zool.* 77:504-8.
- Scammon, C.M. (ed.). 1874. *The Marine Mammals of the North-western Coast of North America, Described and Illustrated: Together with an Account of the American Whale-fishery*. John H. Carmany and Co., San Francisco. x+319+vpp. [Reprinted in 1968 by Dover Publications, Inc., New York].
- Smith, T.D., Allen, J., Clapham, P.J., Hammond, P.S., Katona, S., Larsen, F., Lien, J., Mattila, D., Palsbøll, P.J., Sigurjónsson, J., Stevick, P.T. and Øien, N. 1999. An ocean-basin-wide mark-recapture study of the North Atlantic humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). *Mar. Mammal Sci.* 15(1):1-32.
- Steiger, G.H., Calambokidis, J., Sears, R., Balcomb, K.C. and Cubbage, J.C. 1991. Movements of humpback whales between California and Costa Rica. *Mar. Mammal Sci.* 7(3):306-10.
- Straley, J.M. 1990. Fall and winter occurrence of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in southeastern Alaska. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue) 12:319-23.
- Straley, J.M. 1994. Seasonal characteristics of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in southeastern Alaska. Thesis, University of Alaska, Fairbanks. 121pp.
- Straley, J.M., Gabriele, C.M. and Baker, C.S. 1995. Seasonal characteristics of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in southeastern Alaska. pp. 229-37. In: D.R. Engstrom (ed.) *Proceedings of the Glacier Bay Science Symposium*. National Park Service, Anchorage, Alaska.
- Tomilin, A.G. 1957. Zveri SSSR i Prilezhasfchikh Stran. Zveri Vostochnoi Evropy i Severnoi Azii. Izdatel'stvo Akademi Nauk SSSR, Moscow. 756pp. [Translated in 1967 as *Mammals of the USSR and Adjacent Countries. Mammals of Eastern Europe and Adjacent Countries. Vol. IX. Cetacea* by the Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 717pp.][In Russian.].
- Townsend, C.H. 1935. The distribution of certain whales as shown by logbook records of American whalerships. *Zoologica (NY)* 19(1-2):1-50+6 maps.
- Urbán, J., Balcomb, K.C., Alvarez, C., Bloedel, P., Cubbage, J.C., Calambokidis, J., Steiger, G.H. and Aguayo, A. 1987. Photo-identification matches of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) between Mexico and central California. Abstracts of the Seventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Miami, FL. [Available from author].
- Urbán, J. and Aguayo, A. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Mar. Mammal Sci.* 3(4):333-44.
- Urbán, J., Aguayo, A., Salinas Z, M., Campos R, R., Balcomb, K.C., Jacobsen, J.K., Ladrón de Guevara P, P. and Alvarez F, C. 1989. Abundance and interactions of the humpback whale, in the Mexican breeding grounds. Abstracts of the 8th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Monterey, CA, December, 1989. [Available from author].
- Urbán, J., Alvarez F, C., Salinas Z, M., Jacobsen, J., Balcomb, K.C., Jaramillo L, A., Ladrón de Guevara P, P. and Aguayo L, A. 1999. Population size of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of Mexico. *Fish. Bull.* 97:1,107-024.
- von Ziegeler, O. 1992. A catalogue of Prince William Sound humpback whales identified by fluke photographs between the years 1977 and 1991. Unpublished report to the North Gulf Ocean Society, PO Box 15244, Homer, AK 99603. [Available from O. von Zeigesar, e-mail: olga@xyz.net].
- Waite, J.M., Dahlheim, M.E., Hobbs, R.C., Mizroch, S.A., von Ziegeler-Matkin, O., Straley, J.M., Herman, L.M. and Jacobsen, J.K. 1999. Evidence of a feeding aggregation of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) around Kodiak Island, Alaska. *Mar. Mammal Sci.* 15(1):210-220.
- Waples, R.S. 1991. Pacific salmon, *Oncorhynchus* spp., and the definition of 'species' under the Endangered Species Act. *Mar. Fish. Rev.* 53(3):11-22.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3rd Edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 662pp.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

INTRODUCCIÓN

Como se mencionó en el Capítulo I, uno de los motivos principales de este estudio es el de conocer el estado de conservación de las ballenas jorobadas del Pacífico mexicano, después de que esta especie fue una de las más cazadas y de las que más drásticamente disminuyeron sus poblaciones en todo el mundo. Para ello, fue necesario hacer una estimación del número de ballenas que visitan actualmente (a principios de los 90, en este caso), las costas de México. Para poder hacer esta estimación fue necesario determinar la estructura poblacional de las ballenas jorobadas que invernán en el Pacífico mexicano. Posteriormente, se requirió determinar las contrapartes en espacio y tiempo (áreas de alimentación, durante el verano), de las unidades poblacionales identificadas en aguas mexicanas con la intención de ubicarlas dentro del contexto de movimientos e intercambios de todo el Pacífico Norte. Finalmente, en este capítulo se discute y concluye acerca de la recuperación de esta especie en aguas mexicanas y del estado de su conservación en México.

ESTRUCTURA POBLACIONAL Y MOVIMIENTOS

Fidelidad al área y movimientos entre regiones de agregación invernal

Las ballenas jorobadas muestran cierta fidelidad a regiones específicas tanto de alimentación, como invernales. Los valores mucho más altos del número de recapturas entre ballenas de la misma región, comparados con los que se dan entre diferentes regiones, muestran que las ballenas usualmente regresan a la misma zona. Como ya se mencionó, aunque se conocen algunos movimientos de ballenas entre las tres regiones de agregación invernal del Pacífico Norte: Hawai y Japón (Darling y Cerchio, 1993; Calambokidis *et al.* en prensa); y Hawai y México (Darling y Jurasz, 1983; Darling y McSweeney, 1985; Baker *et al.* 1986; Perry *et al.* 1990; Urbán *et al.* 2000); las recapturas dentro de la misma región ocurren a una tasa mucho mayor que las pocas que se conocen entre regiones.

El grado de intercambio dentro de las diferentes regiones invernales del Pacífico Norte es variable. En Hawai, el intercambio entre las agregaciones de las diferentes islas es lo suficientemente aleatorio para considerar a todo el Archipiélago Hawaiano como una unidad poblacional (Baker y Herman, 1981; Darling y Morowitz, 1986; Darling y McSweeny, 1985; Cerchio *et al.* 1998; Calambokidis *et al.* en prensa). Por lo contrario, en aguas japonesas, el intercambio entre las dos principales áreas de agregación ocurre a una tasa menor de la que se esperaría si las ballenas se movieran aleatoriamente (Darling, 1991a, b; Darling y Mori, 1993; Uchida *et al.* 1993; Yamaguchi *et al.* 1995).

Una situación similar a la de las islas japonesas se presenta en aguas mexicanas, donde, con base en el diferente grado de intercambio entre las tres principales regiones de agregación invernal, se pueden identificar dos unidades poblacionales, el Stock Costero y el Stock de Revillagigedo (Capítulo II). Este hecho tiene implicaciones importantes e inmediatas en las políticas de conservación y manejo de esta especie en México. De las tres regiones principales de agregación invernal del Pacífico mexicano, sólo la de Revillagigedo se encuentra, desde hace muy poco tiempo, bajo alguna categoría de área natural protegida: la Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, decretada en 1994 (Diario Oficial de la Federación, 1994). Esto significa, que uno de los dos stocks se encuentra de alguna manera protegido y regulado dentro del plan de manejo de la reserva de la biosfera, y el otro, el Stock Costero, que se encuentra con mayores presiones por su contacto más estrecho con las actividades humanas se encuentra con mayores dificultades para su manejo adecuado (p. Ej. tráfico marino, turismo, pesca, y contaminación urbana e industrial en Bahía de Banderas y la zona de Los Cabos).

Movimientos migratorios de las ballenas

No obstante la fidelidad de las ballenas jorobadas por regiones específicas, las migraciones entre las zonas de alimentación y las regiones invernales no siguen generalmente un patrón simple que permitan la definición de una población dentro de un área que incluya sus zonas de alimentación e invernal.

En lo que corresponde a los destinos migratorios de las ballenas jorobadas que invernán en México, los resultados de la comparación de individuos foto-identificados, muestran una gran diferencia entre los destinos migratorios de las ballenas que conforman el Stock Costero (regiones de Baja California y Continente), y las del Stock de Revillagigedo.

Las ballenas del Stock Costero, muestran una alta tasa de intercambio con las zonas de alimentación de California-Oregon-Washington, y en menor medida con British Columbia, lo que confirma la existencia del stock o población Americana (ejem. Baker *et al.* 1986; Calambokidis *et al.* en prensa). Sin embargo, cuando se considera que el número de ballenas jorobadas que se distribuyen en el Stock Costero de México es más del doble de las estimadas para California-Oregon-Washington, es posible plantear la existencia de otro destino migratorio con una importancia similar hacia una zona de alimentación aún no estudiada.

Por su parte, las ballenas del Stock de Revillagigedo muestran una tasa de intercambio muy baja con todas las zonas de alimentación estudiadas hasta la fecha. Lo que permite plantear nuevamente la existencia de, al menos, una zona de alimentación no muestreada, que representa el destino migratorio del Stock de Revillagigedo.

De acuerdo con el registro histórico de la caza de ballenas de esta especie en el Pacífico Norte (ver Doroshenko, 2000), se propone que esta zona, por el momento desconocida, se podría ubicar en las aguas circundantes a las Islas Aleutianas o al Mar de Bering oriental o en ambas zonas (Fig. 1). Esta suposición tiene consecuencias muy importantes para determinar el grado de recuperación de esta especie en el Pacífico Norte, ya que se trataría de una zona de alimentación donde se concentrarían más de 2,000 ballenas cada verano, siendo por lo tanto, la más abundante de este océano.

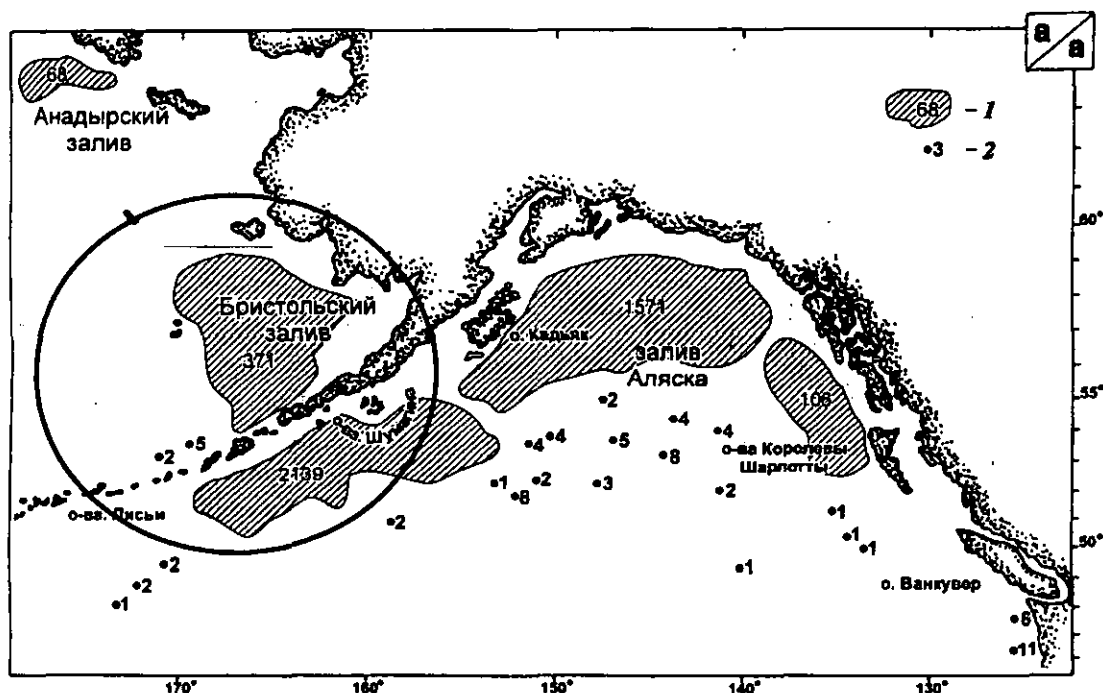


Figura 1. Mapa del Golfo de Alaska y Mar de Bering, donde se muestran las capturas de la flota ballenera soviética entre 1962 y 1971. Con el círculo se señala el área donde se distribuyeron abundantemente antes de se caza, y se supone la actual zona de alimentación “perdida” donde no hay esfuerzo de foto-identificación ni colecta de biopsias de ballenas jorobadas. El No. 1 se refiere al número de ballenas capturadas en las zonas de caza ballenera; y el No. 2 a la captura de individuos solitarios. (Modificado de Doroshenko, 2000)

Diferencias genéticas

Los patrones de DNA-mitocondrial y DNA-nuclear en las ballenas jorobadas en el Pacífico Norte son otra fuente de información acerca de las diferencias entre las distintas regiones de agregación, particularmente entre las zonas de alimentación. La distribución de los haplotipos de DNA mitocondrial muestran una fuerte influencia materna hacia la fidelidad de los destinos migratorios, probablemente como resultado de la experiencia del ballenato durante su primer año de vida (Baker *et al.* 1990, 1994). Entre las zonas de alimentación de California y Alaska se encuentra una completa segregación de los linajes maternos, lo que confirma los resultados provenientes de estudios de foto-identificación (Baker *et al.* 1998; Calambokidis *et al.* 1996). Con respecto a las relaciones entre las zonas de alimentación y las agregaciones

invernales, se observa una fuerte conexión entre Alaska sur-oriental y Hawai considerando la similitud de las frecuencias de haplotipos de estas regiones. Sin embargo, estas frecuencias en las ballenas que invernán en México son intermedias entre las que se encuentran en las zonas de alimentación de Alaska sur-oriental (dominadas por los haplotipos *A+* y *A-*), y California (dominadas por los haplotipos *E* y *F*), (Baker *et al.* 1998) (Fig. 2). Estos resultados confirman la hipótesis de una zona de alimentación no muestreada en el que dominarían los haplotipos *E* y *F*, y sería el otro destino migratorio de las ballenas del Stock de Revillagigedo y una parte de las ballenas del Stock Costero.

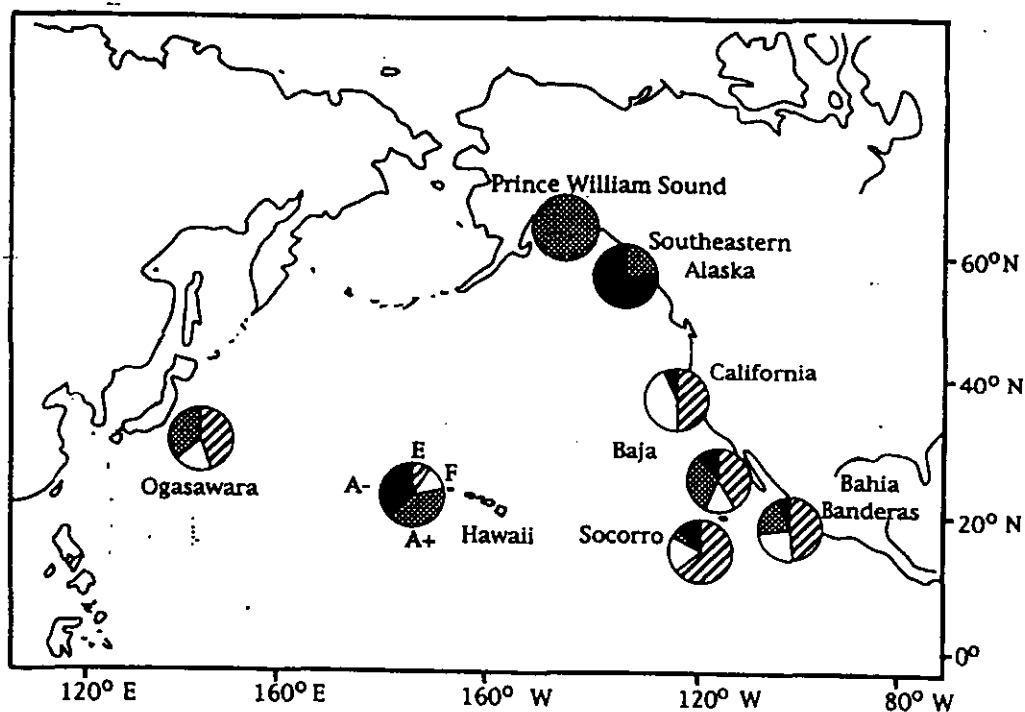


Figura 2. Frecuencias de cuatro haplotipos de DNA-mitocondrial (*A+*, *A-*, *E* y *F*) en diferentes agregaciones de de alimentación e invernales del Pacífico Norte (Tomado de Baker *et al.* 1998)

En lo que corresponde a las diferencias en el DNA-mitocondrial entre las ballenas jorobadas que invernán en México, Medrano *et al.* (1995), informan acerca de débiles, pero significativas diferencias entre el Stock Costero y el Stock de Revillagigedo. Por su parte, Medrano *et al.* (en preparación), sugieren que, con base en análisis de coalescencia, a partir de una población Panmíctica en el Pacífico Nor-oriental, el Stock de Revillagigedo divergió del

Costero hace cerca de 10,000 años, coincidentemente con el término de la última glaciación; y plantean que las variaciones de la temperatura superficial del agua influyen, en el largo plazo, en la distribución, las rutas migratorias y la estructura poblacional de las ballenas jorobadas en el Pacífico Norte.

A pesar de que el DNA-mitocondrial puede ser particularmente poderoso para describir procesos demográficos históricos (Awise, 1994), algunas estrategias de manejo reconocen explícita o implícitamente, el aislamiento reproductivo como un requisito para definir subdivisiones poblacionales (ejem. la International Whaling Commission, Donovan, 1991; y la US Endangered Species Act, Waples, 1991). El conocimiento sobre el grado de aislamiento genético entre los dos Stocks del Pacífico mexicano es muy reducido. Se compone, de la información proveniente de los estudios de foto-identificación en donde se determinó una reducida tasa de intercambio de individuos de ambos sexos (Ladrón de Guevara *et al.* 2000), con una participación en las actividades reproductivas desconocida; y de las similitudes en las frecuencias de haplotipos del DNA-mitocondrial, lo que nos indica líneas matrilineales históricamente compartidas.

ABUNDANCIA Y RECUPERACIÓN DE LA POBLACIÓN

Heterogeneidad en las probabilidades de captura debido a la proporción de sexos

Los machos tienen más probabilidades de ser muestreados que las hembras en las agregaciones invernales debido a que son más abundantes. Como ejemplos tenemos que las ballenas jorobadas identificadas en varios lugares de Hawai tiene una relación de 1.8:1 a 2.7:1 machos a hembras (Mizroch *et al.* 1996); y que biopsias colectadas en Japón, Hawai y México mostraron una relación de 2.8:1 de machos a hembras (n=96) (Baker *et al.* 1998).

Otro factor específicamente relacionado con la identificación fotográfica es el hecho que los machos y las hembras exhiben diferentes comportamientos, afiliaciones y tiempos de arribo, durante su permanencia en regiones invernales (Gabriele, 1992). Los grupos de ballenas con un

mayor número de actividades en la superficie son más fáciles de ver e identificar fotográficamente; estos grupos están compuestos mayoritariamente por machos (Medrano *et al.* 1994).

El grado del sesgo introducido por el número desproporcionado de machos en la muestra podría depender parcialmente de la dinámica de las migraciones de hembras. Si las hembras sólo hacen la migración, o son fotografiadas, en años alternos, la estimación entre años tendría un sesgo positivo. Si las hembras están ausentes sólo por una serie de años consecutivos mientras no son aún sexualmente maduras, la estimación tendría un sesgo negativo, pues estos animales estarían excluidos de la estimación de la población.

Heterogeneidad en las probabilidades de captura debido sesgos en los lugares de muestreo.

El trabajo de Campo para este trabajo se realizó en diferentes localidades del Pacífico mexicano cubriendo un área geográfica relativamente reducida, considerando toda el área donde se han registrado ballenas jorobadas. Existen particularmente algunas zonas donde se sabe que estas ballenas son abundantes y prácticamente no se tuvo, para este estudio, esfuerzo de foto-identificación, como son Las Islas Tres Marías en el área de distribución del Stock costero, y la Isla Clarión, en el Archipiélago de Revillagigedo. Además se conoce la presencia de estas ballenas en las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, donde tampoco se ha realizado esfuerzo. El grado de sesgo negativo producto de la falta de cobertura del trabajo de campo, dependerá de qué tan reducido sea el ámbito donde se distribuye cada individuo. A una mayor movilidad individual de cada ballena, existen mayores posibilidades de foto-identificarla en alguna zona donde se realice trabajo de campo, y por lo tanto la estimación será más precisa. En cambio, con una menor movilidad de las ballenas que no permitiera su identificación fotográfica, estaríamos subestimando a la población.

Se requiere de investigaciones que nos indiquen qué factores de corrección debemos aplicar para contrarrestar los sesgos derivados de la mayor abundancia y diferente

comportamiento de los machos, así como el debido a la falta de muestro en toda el área de distribución.

Comparación con estimaciones previas y recuperación de la población.

Existen muy pocas estimaciones de la abundancia de ballenas jorobadas en toda la cuenca del Pacífico Norte, Se piensa que pudo haber sido tan abundante como 15,000 individuos antes de su explotación comercial en el Siglo XX (Rice, 1978). Al final de su caza en 1966, su abundancia se estimó en 1,400 (Gambell, 1976) y 1,200 (Jonson y Wolman, 1984). La mayoría de las subsecuentes estimaciones se realizaron para regiones específicas y se han basado principalmente en técnicas de captura-recaptura usando individuos identificados fotográficamente.

La primera referencia sobre la abundancia de ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano es la de Rice (1974) donde menciona que su conteo de 102 ballenas jorobadas, realizado durante sus navegaciones en 1965 en México, debió de comprender una alta proporción del total de las ballenas presentes, y por lo tanto propone que en todo el Pacífico Norte habitaron en ese tiempo “pocos cientos de animales”. La estimación de abundancia presentada en este trabajo: 1813 (918-2505) ballenas para el Stock Costero en 1992, y 914 (590-1193) ballenas para el Stock de Revillagigedo en 1991, muestra una sustancial, pero no determinada, recuperación de la población.

En el Capítulo III (Cuadro 6, pag. 50) se muestran las estimaciones de abundancia para los dos stocks durante diferentes años. Se observa una tendencia hacia el aumento del tamaño de la población en ambos stocks (Fig. 2). La regresión lineal de las estimaciones de abundancia del Stock Costero muestran una pendiente positiva de 0.2146 (95% I.C. 0.3682-0.0610); y la correspondiente al stock de Revillagigedo muestra también una pendiente positiva de 0.2602 (95% I.C. 0.4754-0.0449). Estas pendientes muestran un rápido incremento en el número de individuos (21% y 26% por año) que no es biológicamente explicable. Esto se puede deber a la combinación de un menor, pero real, incremento de la población, con el efecto que produce el

incremento del tamaño de muestra hacia la reducción del sesgo negativo producido por la heterogeneidad de las probabilidades de captura. En cualquier caso, el tamaño de ambos stocks está mejor representado en las estimaciones más recientes.

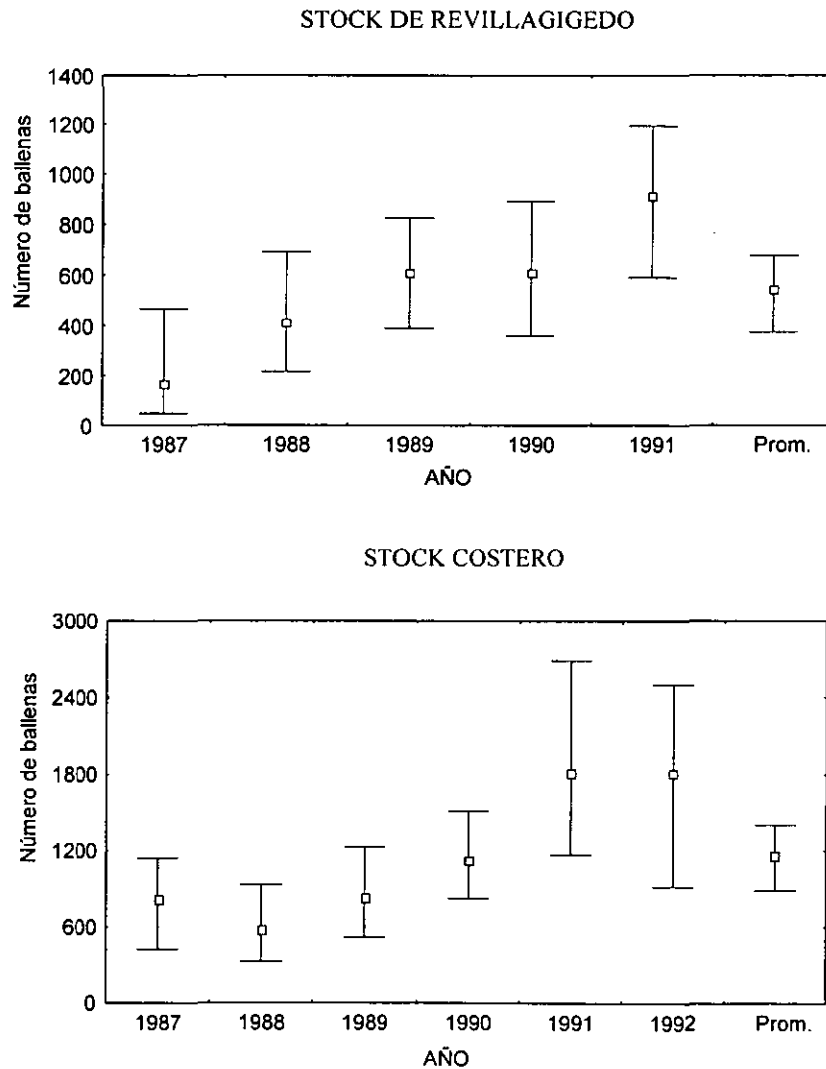


Figura 2. Estimaciones de abundancia de los dos stocks identificados en el Pacífico mexicano durante el período de estudio. Los valores corresponden a los mostrados en el Cuadro 6 en la pag. 50.

Finalmente, dentro del contexto de todo el Pacífico Norte, Calambokidis *et al.* (1997), utilizando los resultados de las estimaciones de abundancia para las agregaciones invernales del Pacífico mexicano producto de este trabajo (alrededor de 2,700), más las estimadas por ellos para las otras agregaciones invernales del Pacífico Norte (5,000 para Hawai, y 500 para Japón),

determinan una abundancia total de poco más de 8,000 ballenas. Este número demuestra claramente que la(s) población(es) de ballenas jorobadas del Pacífico Norte está muy por arriba de las 1,400 estimadas al suspenderse su caza en 1966. Sin embargo, es apenas la mitad de las 15,000 estimadas antes de su explotación.

CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE EN MÉXICO

En la conservación de esta especie en nuestro país confluyen, al menos, tres aspectos: las características biológicas y ecológicas intrínsecas de la ballena jorobada; los impactos actuales y potenciales producto de actividades humanas; y las medidas e instrumentos que se implementen para disminuir o prevenir estos impactos.

En este trabajo se han abordado características de las poblaciones de la ballena jorobada, de las cuales dos aspectos son relevantes para esta sección: las ballenas jorobadas que invernán en México conforman dos unidades poblacionales, y que estas unidades poblacionales se han incrementado en las últimas tres décadas, aunque todavía no alcanzan la abundancia que presentaban antes de su explotación comercial.

Impactos actuales y potenciales producidos por actividades humanas.

Entre los impactos sobre esta especie como consecuencia de la acción del hombre, se encuentran las relacionadas con el turismo, las pesquerías y el tráfico marino

Turismo de Observación de Ballenas.

Sin duda el mayor impacto sobre las ballenas jorobadas es la actividad de turismo de observación de ballenas. Esta especie es la más atractiva para esta actividad en el ámbito mundial gracias a: Su distribución cercana a la costa (la mayoría dentro de los 10 km de distancia a la costa); la regularidad de su presencia en tiempo y espacio (migraciones previsibles); y sus

atractivos y espectaculares despliegues conductuales en la superficie del agua, que incluyen saltos, golpes del agua con sus aletas, y agresiones entre machos durante el cortejo.

En la actualidad, las principales áreas donde se lleva a cabo esta actividad comprenden las costas de Nayarit, incluidas la Bahía de Banderas, y las costas del extremo sur de la Península de Baja California, especialmente en la zona de Los Cabos, aunque esta actividad se extiende hasta la Bahía de Loreto, B.C.S. Como se observa, todos los lugares mencionados corresponden a la distribución señalada para las ballenas del Stock Costero. Con respecto al Archipiélago de Revillagigedo, debido a su lejanía y difícil acceso, es esporádica la actividad turística directamente relacionada con la observación de ballenas, sin embargo, desde hace varios años, el tradicional turismo de buceo de la zona ha ido incluyendo, dentro de sus atractivos, a las ballenas jorobadas.

Pesquerías y tráfico marino

Existe poca información acerca del impacto de estas actividades en México. La única información sobre su relación con pesquerías tráfico marino es la de una ballena adulta enmallada en un chinchorro de media agua en la Bahía de La Paz en 1995. La ballena fue liberada, pero no se le pudo quitar una parte de red que quedo alrededor de su pedúnculo caudal. Considerando que existen varios informes de enmallamientos e impactos con embarcaciones en otras áreas de su distribución en el Pacífico Norte, incluyendo Alaska, British Columbia y California (von Ziegesar, 1984; NMFS, 1991; Forney, 2000), es importante hacer un mayor esfuerzo en el monitoreo de los efectos de estas actividades sobre los mamíferos marinos en México. Al igual que en el caso del turismo, el stock más afectado por estas actividades es el Costero, debido a su distribución más cercana a este tipo de actividades.

Medidas e instrumentos para la conservación de la ballena jorobada.

Con la creación de la SEMARNAP en 1995 nace un nuevo enfoque hacia la conservación de los recursos naturales del país, en el que se incorpora el concepto de “desarrollo sustentable”.

En este marco se formula el Programa de Medio Ambiente 1995-2000. El Programa 2000-2006 aún no se elabora. El Programa de Medio Ambiente 1995-2000 contempla entre sus objetivos particulares: “Fortalecer mecanismos e instrumentos para la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, ampliar la participación y corresponsabilidad de la sociedad, y lograr una mayor cobertura y representatividad de las áreas naturales protegidas, consolidando su funcionamiento, administración y manejo”.

Para lograr este objetivo, el programa contempla una serie de instrumentos, varios de ellos relacionados con los mamíferos marinos. Estos instrumentos se han convertido, en diversos grados, en parte fundamental de la conservación de estos recursos. En el caso particular de la ballena jorobada, los instrumentos que influyen en su conservación son los siguientes:

1) *Áreas Naturales Protegidas*

a) Reservas de la Biosfera.

La Reserva de Biosfera Archipiélago de Revillagigedo. Incluye el área de distribución invernal del “Stock de Revillagigedo”.

b) Parque marinos nacionales.

El Parque Marino Bahía de Loreto. Incluye la parte norte de la distribución invernal del “Stock Costero” en el Golfo de California.

2) *Regulación directa de Vida Silvestre.*

Regula la colecta científica, como es el caso de la colecta de muestras de piel, para estudios genéticos, bioenergéticos etc. La adecuada regulación de estas actividades evitará el disturbio innecesario sobre estos animales.

3) *Ordenamiento Ecológico del Territorio.*

La planeación del uso de los recursos naturales a través del ordenamiento ecológico se basa en la determinación del potencial de la región. Recientemente se anunció el inicio del Ordenamiento Ecológico de la Región del Mar de Cortés, esta acción, sin duda, deberá contemplar la biodiversidad marina, incluida la ballena jorobada.

4) *Normas Oficiales Mexicanas.*

Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-1994. Determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial y establece especificaciones para su protección. Incluye a la ballena jorobada bajo la categoría de “protección especial”. Lo que significa que la considera “sujeta a limitaciones o vedas en su aprovechamiento por tener poblaciones reducidas o una distribución geográfica restringida, o para propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de especies asociadas”. El Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-2000 pretende ser a corto plazo la actualización de la NOM-ECOL-059 elaborada en 1994. Aún se encuentra en elaboración.

Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-131-1998. Que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 10 de enero de 2000). Esta norma incluye los siguientes rubros: a) Las áreas de observación de ballenas, las zonas sujetas a control y las zonas restringidas; b) La duración de la temporada por área donde se realizarán actividades de observación de ballenas; c) La capacidad de carga por tipo de embarcación y por zona sujetas a control; d) Los tiempos de permanencia en cada zona sujeta a control por tipo de embarcación; e) Los sitios de embarque y desembarque por área de observación de ballenas; y f) Los distintivos a utilizar por área y por tipo de actividad. Dentro de esta norma se incluye la regulación de la actividad turística de observación de ballenas jorobadas en la zona de la Bahía de Banderas. Al no encontrarse esta bahía bajo ninguna categoría de área natural protegida, y por lo tanto, por no contar con un plan de manejo, ha sido muy difícil poder implementar las acciones que indica la norma y se corre el riesgo de que se vean afectadas tanto las ballenas como la actividad turística.

CONCLUSIONES

1. Las ballenas jorobadas que inviernan en el Pacífico mexicano, conforman dos unidades poblacionales denominadas Stock Costero y Stock de Revillagigedo, en el contexto de unidades de manejo. Sin embargo, no se ha determinado si existe, y en que grado, flujo genético entre ambas agregaciones, lo que nos impide definir, con mayor certeza, su status poblacional desde un punto de vista biológico.

2. En el Pacífico Norte, existe al menos una zona de alimentación que no se ha hecho un muestreo. Esta(s) zona(s) debe(n) contener más de 2,000 ballenas en las que dominan los haplotipos *E* y *F*. Esta(s) zona(s) se podría(n) encontrar, de acuerdo a su distribución histórica, en las aguas circundantes a las Islas Aleutianas, en el Mar de Bering, o en ambos lugares. Esta zona sería el principal destino migratorio de las agregaciones invernales de Revillagigedo, de Japón y una parte importante de las agregaciones de Hawái y el continente de México.

3. Es evidente la recuperación de la(s) población(es) de ballenas jorobadas tanto en el Pacífico mexicano: de “pocos cientos” de ballenas en 1965 a cerca de 3,000 en 1992; como en todo el Pacífico Norte en su conjunto: de 1,400 ballenas en la década de 1960 a más de 8,000 en la década de 1990. Sin embargo, es apenas la mitad de su tamaño original, y la tasa de crecimiento actual es desconocida.

4. Para conocer esta tasa de recuperación es necesario hacer mejores estimaciones del tamaño poblacional en el que se consideren, por una parte los sesgos producidos por los métodos de campo empleados, y por otra, los inherentes al comportamiento de las ballenas de acuerdo a su edad y sexo, ya que significan diferentes grados de heterogeneidad en las probabilidades de captura.

5. Es importante considerar que esta especie aún se encuentra en vías de recuperación, manteniendo su estatus de “vulnerable” de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, o de “en peligro de extinción” en la legislación estadounidense o “amenazada” en la legislación canadiense. En México, en la Norma Oficial Mexicana 059 se le

considera bajo “protección especial” (que significa: especie en peligro de extinción, amenazada o rara, pero sin la información suficiente), debiendo estar como “amenazada” considerando su distribución costera, su recuperación lenta, su atractivo turístico y la ausencia de áreas naturales protegidas en el caso del Stock Costero.

6. La conservación de esta especie en México ha sido, en términos generales, exitosa. Sin embargo el incremento de la actividad turística en los últimos años a traído como consecuencia un acoso cada vez mayor sobre esta especie, en particular en la Bahía de Banderas, compartida por los estados de Nayarit y Jalisco y en la región de Los Cabos en B.C.S. En ambos casos es necesario incluir a estos lugares dentro del esquema de alguna categoría de área natural protegida, y de esta manera delimitar las zonas permitidas para esta actividad turística con base en la distribución espacio-temporal de los animales considerando las principales categorías sociales, en particular la de las madres con cría.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

REFERENCIAS

- Avise, J.C. 1994. Molecular markers, natural history and evolution. Chapman and Hall Inc., New York.
- Baker C.S., y Herman L.M., 1981. Migration and local movement of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaiian waters. *Can. J. Zool.* 59: 460-469.
- Baker, C.S., Herman, L.M., Perry, A., Lawton, W.S., Straley, J.M., Wolman, A.A., Winn, H.E., Hall, J., Kaufman, G., Reinke, J. y Ostman, J. 1986. The migratory movement and population structure of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central and eastern North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 31: 105-19.
- Baker, C.S., Palumbi, S.R., Lambertson, R.H., Weinrich, M.T., Calambokidis, J. y O'Brien, S.J. 1990. Influence of seasonal migration on geographic distribution of mitochondrial DNA haplotypes in humpback whales. *Nature*, London 344:238-240.
- Baker, C.S., Salde, R.W., Bannister, J.L., Abernethy, R.B., Weinrich, M.T., Lien, J., Urbán, J., Corkeron, P., Calambokidis, J., Vazquez, O. y Palumbi, S.R.. 1994. Hierarchical structure of mitochondrial DNA gene flow among humpback whales *Megaptera novaeangliae*, world-wide. *Mol. Ecol* 3: 313-327.
- Baker, C.S., Medrano-González, L., Calambokidis, J., Perry, A., Pichler, F., Rosebaum, H., Straley, J.M., Urbán, J., Yamaguchi, O. y von Ziegesar, O. 1998. Population structure of nuclear and mitochondrial DNA variation among humpback whales in the North Pacific. *Mol. Ecol.* 7(6): 695-708
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Evenson, J.R., Flynn, K.R., Balcomb, K.C., Claridge, D.E., Bloedel, P., Straley, J.M., Baker, C.S., von Ziegesar, O., Dahlheim, M.E., Waite, J.M., Darling, J.D., Ellis, G. y Green, G.A. 1996. Interchange and isolation of humpback whales off California and other North Pacific feeding grounds. *Mar. Mammal Sci.*12(2): 215-226
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Straley, J., Quinn, T., Herman, L.M., Cerchio, S., Salden, D., Yagamuchi, M., Sato, F., Urbán R., J., Jacobsen, J.K. vonZiegesar, O., Balcomb, K.C., Gabriele, C.M., Dahlheim, M.E., Higashi, N., Uchida, S., Ford, J.K.B., Miyamura, Y., Ladrón de Guevara P., Mizroch, S.A., Schlender, L., Rasmussen K. 1997. Population abundance and structure of humpback whales in the North Pacific Basin. Reporte Final al NMFS, Southwest Fisheries Science Center, contract: 50ABNF500113. 72 pp.
- Calambokidis, J., Steiger, G.H., Straley, J., Herman, L.M., Cerchio, S., Salden, D., Urbán R., J., Jacobsen, J.K. vonZiegesar, O., Balcomb, K.C., Gabriele, C.M., Dahlheim, M.E., Uchida, S., Ellis, G., Miyamura, Y., Ladrón de Guevara P., P., Yagamuchi, M., Sato, F., Mizroch, S.A., Schlender, L., Rasmussen K., y Barlow, J.. In press A. Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. *Mar. Mammal Sci.*
- Cerchio, S., Gabriele, C.M., Norris, T. Y Herman, L.M. 1998. Movements of humpback whales between Kauai and Hawaii: implications on population structure and abundance estimation in the Hawaiian Islands. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 175: 13-22.
- Darling, J.D. 1991a. Humpback whales in Japanese waters. Report for World Wildlife Found for Nature Japan, Tokyo, Japón.
- Darling, J.D. 1991b. Rediscovering Japan's humpback whales. *Whalewatcher* 25(2): 3-11.

- Darling, J.D. y Jurasz, C.M.. 1983. Migratory destination of North Pacific Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). pp. 359-368. In: R. Payne (ed). *Communication and Behaviour of whales*. AAAS Selected Symposia Series. Westview Press. Boulder, Colo. 643 pp.
- Darling, J.D. y McSweeney, J.D. 1985. Observations on the migration of North Pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Can. J. Zool.*, 63: 308-314.
- Darling, J.D. y Morowitz, H. 1986. Census of "Hawaiian" humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification. *Can. J. Zool.*, 64: 105-111.
- Darling, J.D. y Cerchio, S.. 1993. Movement of a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) between Japan and Hawaii. *Mar. Mammal Sci.* 9:84-89.
- Darling, J.D. y Mori, K.. 1993. Recent observations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Japanese waters off Ogasawara and Okinawa. *Can. J. Zool.*, 71: 325-333.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. Diario oficial de la federación. 6 de junio de 1994. Tomo CDLXXIX, No. 4. México D.F. pp. 45-51
- Donovan, G.P. 1991. A review of the IWC stock boundaries. *Rep.int. Whal. Commn.* (special issue 13): 39-68
- Forney, K.A., Barlow, J., Muto, M.M., Lowry, M., Baker, J., Cameron, G., Mobley, J., Stinchcomb, C., y Carretta, J.V. 2000. U. S. Pacific Marine Mammal Stock Assessments: 2000. U. S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum NMFS-SWFSC-300. 276 pp.
- Gambell, R. 1976. World whale stocks. *Mar. Rev.* 6:41-53
- Gabriele, C.M. 1992. The behavior and resident characteristics of reproductive classes of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Hawaiian Islands, Tesis de Maestría. Universidad de Hawai. 99 pp.
- Johnson, J.H. y Wolman, A.A. 1984. The humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. *Mar. Fish. Rev.* 46: 30-37.
- Ladrón de Guevara P., P., Salinas Z., M., Juárez Z., R., Medrano G., L. y Urbán R., J. 2000. Movimientos de las hembras de rorcuales jorobados (*Megaptera novaeangliae*) entre las agregaciones invernales del Continente y del Archipiélago de Revillagigedo, México. Resúmenes de la XXV Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, 7-11 de mayo de 2000. La Paz, B.C.S. pp. 68
- Medrano, L., Salinas, M., Salas, I., Ladrón de Guevara, P., Aguayo, 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. J. Zool.* 72: 1771-1774
- Medrano-González, L., Aguayo L., A., Urbán R., J. y Baker, C.S. 1995. Diversity and distribution of mitochondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific Ocean. *Can. J. Zool.* 73: 1735-1743.
- Mizroch, S.A., Glockner-Ferrari, D., Salden, D., Berbard, H., Mobley, J. y Baraff, L. 1996. Report of a pilot study to estimate abundance, within-season residency, and rate and direction of movement of humpback whales in Hawaiian waters, Winter 1995. Pp. 131-161 in Annual reports of research carried out on the population biology of marine mammals by the National Marine Mammal Laboratory, Seattle, WA.
- NMFS. 1991. Recovery Plan for the Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). Prepared by the Humpback Whale Recovery Team for the National Marine Fisheries Service, Silver Spring, Maryland. 105 pp.

- 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. int. Whal. Commn* (special issue 12):307-318.
- Rice, D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. Pages 170-195. In W.E. Schevill, D.G. Ray, K.S. Norris (eds.). *The Whale Problem*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Rice D.W. 1978. The humpback whale in the North Pacific: distribution, exploitation, and numbers. In K.S. Norris y R. Reeves (eds.) Report on a workshop on problems related to humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaii. Report to the Marine Mammal Commission, Washington D.C. 21pp.
- Uchida, S., Higashi, N. Y Takemura, A. 1993. Preliminary report of humpback whale of Okiniwa, Japan. International Marine Biological Research Institute, Kamogawa, Japon. IBI Reports: 57-67
- Urbán R., J., Jaramillo L., A., Aguayo L., A., Ladrón de Guevara P., P., Salinas Z., M., Alvarez F., C., Medrano G., L., Jacobsen, J.K., Balcomb III, K.C., Claridge, D.E. Calambokidis, J, Steiger, G.H., Straley, J., von Ziegesar, O., Wite, J.M., Miszroch, S., Dahlheim, M.E., Darling, J.D. y Baker, C.S. 2000. Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. *J. Cetacean Res. Manage.*
- Von Ziegesar, O. 1984. A survey of the humpback whales in southeastern Prince William Sound, Alaska : 1980, 1981, and 1983. Report to State of Alaska, Alaska Council on Science and Technology, 34 pp.
- Waples, R.S. 1991. Pacific salmon, *Oncorhynchus* spp. And the definition of "especies" under the Endangered Species Act. *Mar. Fish. Rev.* 53: 11-22
- Yamaguchi, M., Suganima, H., Miyamura, Y., Sato, M. y Mori, K. 1995. The interchanges of humpback whales between wintering grounds in the western North Pacific. In: Abstracts of the Eleventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Orlando. p.124

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inició en el, entonces llamado, Laboratorio de Vertebrados de la Facultad de Ciencias de la UNAM, gracias a la confianza, apoyo y guía de mi maestro el Dr. Anelio Aguayo Lobo, quién me mandó (o sugirió que fuera) a la Bahía de Banderas en febrero de 1982 a buscar “vaquitas”... y encontramos ballenas. Posteriormente, en 1987, gracias a la invitación y apoyo del M. en C. Jesús Druk González, este trabajo continuó y terminó en el Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Debido a las características de este estudio, que involucra diferentes lugares, tanto en México como en los Estados Unidos y Canadá, así como varios años de trabajo de campo y de comparaciones fotográficas, análisis de los datos y preparación de publicaciones; las personas e instituciones involucradas en el desarrollo de este estudio son muy numerosas, sin que ello desmerezca la importancia de cada una de ellas.

Durante el trabajo de campo que tuve la oportunidad de participar en la Bahía de Banderas (1982-1987, 1990) estuvieron varios compañeros del Laboratorio de Vertebrados, incluidos maestros, tesisistas y alumnos: Agradezco el haber compartido conmigo la experiencia, gusto, entusiasmo, y amistad a Anelio Aguayo, Ana María Padilla, Isabel Fuentes, Mario Salinas, Carlos Álvarez, Paloma Ladrón de Guevara, Rafael Sánchez Tabla, Ángel Perdomo, Lorenzo Rojas, Luis Bourillón, Alfredo Zavala, Benjamín Morales, José Luis López, Ivonne Vomend, Maricarmen García, Carlos Esquivel, Edith Zárate, Nelly Valdez y Javier Zacarías. En 1990, tuvimos la oportunidad de trabajar con, y aprender de Ken Balcomb y Diane Claridge del Ceter for Whale Research de Friday Harbor, Washington, además participaron Armando Jaramillo y Samuel Chávez de la UABCS, Laurence Mazaudier, de Francia, y numerosos voluntarios de Earthwatch. De manera particular, manifiesto mi agradecimiento a María e Ismael Casillas, residentes de Punta Mita, por su hospitalidad, amistad y momentos inolvidables.

En el trabajo de campo realizado en la Isla Socorro, en el Archipiélago de Revillagigedo (1986, 1987), agradezco la ayuda y compañía de Rafael Campos, Lorenzo Rojas, Sergio Nolasco y Arturo Guzmán del Laboratorio de Vertebrados. En 1986 participó el investigador estadounidense Michael Herder y en 1987 tuve la suerte de conocer y trabajar al lado de otro gringo, mi ahora amigo Jeff Jacobsen. En 1992 contamos con el apoyo de la Sociedad Cousteau, en particular agradezco a Michael Costeau y a Richard Murphy el apoyo para esta campaña, en la que tuve la gran fortuna de trabajar al lado de Anelio Aguayo, Lorenzo Rojas y Juan Carlos Salinas.

El trabajo de campo correspondiente a Los Cabos, B.C.S. (1987-1993), se realizó gracias a la colaboración de estudiantes y Ayudantes Académicos de la Carrera de Biología Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur: Samuel Chávez, Armando Jaramillo, José Sánchez, Alejandro Gómez-Gallardo, Rubén Valles, Juan Carlos Salinas, Saudiel Ramírez, Luis Enríquez, Ernesto Vázquez, Miguel Palmeros, Carmiña Alba, Gabriela Velásquez, Jorge Ortiz, Susana Valadés, Mercedes Guerrero y Víctor Flores de Sahagún. De 1987 a 1989 tuvimos la oportunidad de trabajar con Ken Balcomb y Diane Claridge del Ceter for Whale Research de Friday Harbor, Washington. En 1991 participaron en el trabajo de Campo Luis Medrano del Laboratorio de Vertebrados, UNAM, Scott Baker de la Universidad de Auckland en Nueva Zelanda, Lorenzo Rojas del SWFSC en La Jolla y Howard Rosebaum del Museo Americano de Historia Natural en Nueva York.

Al igual que en el trabajo de campo, varias personas participaron en la comparación fotográfica entre las ballenas fotografiadas en México. Quisiera destacar la participación de Paloma Ladrón de Guevara, Carlos Álvarez, Mario Salinas, Isabel Salas, Nemesio Vargas, Armando Jaramillo, Ernesto Vázquez, Rafael Campos y Jeff Jacobsen.

Para la comparación del catálogo de las ballenas jorobadas de México con las de otras zonas del Pacífico Norte, agradezco la invitación para visitar sus centros y comparar catálogos a John Calambokidis y Gretchen Steiger del Cascadia Research Collective en Cascadia, Washington, de Sally Mizroch del National Marine Mammal Laboratory de la NOAA en Seattle Washington, de Jan Straley de la Universidad de Alaska en Sitka, Alaska y de Ken Balcomb y Diane Claridge del Center for Whale Research en Friday Harbor, Washington. Por su parte, Olga von Ziegesar del North Gulf Oceanic Society en Homer, Alaska, Jim Darling del West Coast Whale Research Foundation en Vancouver, Janice Waite y Marilyn Dahalheim del National Marine Mammal Laboratory de la NOAA en Seattle y Scott Baker de la Universidad de Auckland en Nueva Zelanda, me facilitaron sus respectivos catálogos para hacer las comparaciones correspondientes en México.

En el Capítulo II, correspondiente a la estructura poblacional, le agradezco en particular a Paloma Ladrón de Guevara por mantener y aumentar el catálogo de ballenas jorobadas del Continente y la exhaustiva comparación entre las ballenas de Baja California, Continente y Revillagigedo; y de igual manera a Jeff Jacobsen por mantener y aumentar el catálogo de Revillagigedo. En el Capítulo III, correspondiente a las estimaciones de abundancia, le agradezco particularmente el asesoramiento de Carlos Álvarez, de la Universidad de Washington en Seattle, Washington. En el Capítulo IV quiero reconocer el apoyo, asesoramiento y hospitalidad de Sally Mizroch quién contribuyó sustancialmente a encontrar o corroborar las recapturas de las ballenas de México con las fotografiadas en las zonas de alimentación. Phil Clapham del Northeast Fishery and Science Center de la NOAA criticó y aportó valiosos comentarios en todos los capítulos del trabajo.

Las sugerencias de mi Director de Tesis, Luis Medrano, así como las de mis sinodales y revisores: Anelio Aguayo, Lorenzo Rojas, Héctor Arita, Gerardo Cevallos, Rodrigo Medellín, Lloyd T. Findley y David Aurióles, contribuyeron en gran medida a la versión final de este trabajo.

De manera especial, agradezco a Celia, mi mamá, quién junto con mis hermanos, Tere, Tita y Calo, en todo momento me cuestionaron y alentaron sobre el desarrollo de este trabajo.

Ana Lilia, Yiya, mi esposa, participó en las temporadas 83, 84 y 85 en la Bahía de Banderas y en las temporadas 87 a 94 en Los Cabos; Diego Emiliano, mi hijo, hizo presencia a los treinta días de nacido en la temporada 88 en Los Cabos, y siguió participando hasta 1994; María Amanda, mi hija, se inició a los seis meses en la temporada 94, después prefirió las ballenas grises. Ellos tres, además de disfrutar y compartir el trabajo en el campo, sufrieron la elaboración de esta tesis durante muchos, demasiados años. Muchas Gracias.