

107



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

TASAS DE NACIMIENTO E INTERVALOS ENTRE PARTOS DEL RORCUAL JOROBADO (*Megaptera novaeangliae*) EN EL PACÍFICO MEXICANO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA

Ricardo Axayacatl Juárez Salas

Director: Dr. Luis Medrano González

Codirectora: M. en C. Paloma Ladrón de Guevara Porras



MÉXICO, DF.



2001

297357



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA**  
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

" Tasas de nacimiento e intervalos entre partos del Rorcual jorobado  
( Megaptera novaeangliae) en el Pacífico Mexicano "


realizado por Ricardo Axayacatl Juárez Salas

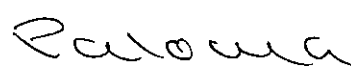
con número de cuenta 9026840-3 , pasante de la carrera de Biología

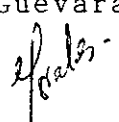
Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

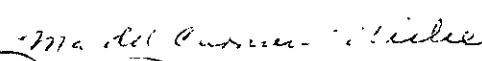
Atentamente

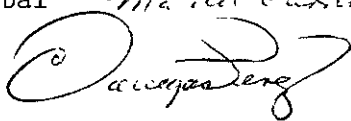
Director de Tesis

Propietario Dr. Luis Medrano González 

Propietario M en C. Paloma Ladrón de Guevara Porras 

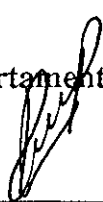
Propietario Dr. Eduardo Morales Guillaumin 

Suplente Dra. Maria del Carmen Uribe Aranzabal 

Suplente Dra. Ruth Cecilia Vanegas Pérez 

**FACULTAD DE CIENCIAS**

U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología 



Dra. Patricia Ramos Morales

**DEPARTAMENTO  
DE BIOLOGIA**

## CONTENIDO

RESUMEN . . . . .	1
ABSTRACT . . . . .	2
INTRODUCCIÓN . . . . .	3
<b>BIOLOGÍA DE LA BALLENA JOROBADA . . . . .</b>	<b>5</b>
Morfología . . . . .	5
Distribución y migración . . . . .	7
Abundancia . . . . .	12
Reproducción . . . . .	14
Sistema de apareamiento . . . . .	18
Conducta . . . . .	19
Conservación . . . . .	22
<b>ANTECEDENTES . . . . .</b>	<b>25</b>
La ballena jorobada en México. . . . .	25
<b>PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN . . . . .</b>	<b>31</b>
Objetivos . . . . .	32
<b>ÁREA DE ESTUDIO . . . . .</b>	<b>33</b>
Archipiélago de Revillagigedo . . . . .	33
Bahía de Banderas . . . . .	36
Baja California Sur . . . . .	39
El fenómeno El Niño-Oscilación del Sur . . . . .	41
<b>MÉTODOS . . . . .</b>	<b>42</b>
Trabajo de campo y registro de datos . . . . .	42
Análisis de datos . . . . .	43

RESULTADOS . . . . .	44
Abundancia de hembras con cría y temperatura superficial del mar	45
Tasas de nacimiento: Comparación entre NacA y NacF.	49
Tasas de nacimiento y número de individuos . . . . .	53
Tasas de nacimiento por año . . . . .	53
Tasas de nacimiento por hembra por año . . . . .	56
Número de crías y frecuencia de encuentros entre machos y hembras del año anterior . . . . .	57
Intervalos de reproducción . . . . .	60
Variación temporal de los intervalos de reproducción . . . . .	61
Movimientos entre regiones habituales de reproducción. . . . .	64
DISCUSIÓN. . . . .	67
Preferencias de crianza . . . . .	67
Tasas de nacimiento . . . . .	68
Intervalos de reproducción . . . . .	70
CONCLUSIONES . . . . .	72
AGRADECIMIENTOS . . . . .	74
REFERENCIAS . . . . .	77
APÉNDICE . . . . .	87
Ejemplos de recapturas . . . . .	88

## RESUMEN

El rorcual jorobado o ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) fue objeto de una gran explotación comercial durante el siglo XIX y la primera mitad del XX que llevó a una drástica reducción en la abundancia de estos animales. Por ello, en la actualidad se desarrollan trabajos de investigación en varias partes del mundo que buscan conocer el grado y la forma de la aparente recuperación de esta especie. Como una zona de reproducción de ballenas jorobadas, el Pacífico mexicano es importante para dicha recuperación y en nuestro país el estudio de estos animales se ha desarrollado durante las últimas dos décadas siendo necesario en el presente actualizar el conocimiento acerca de la reproducción. En este trabajo se analizan la tasa de nacimiento y los intervalos entre partos de las ballenas jorobadas en las tres principales agregaciones invernales del Pacífico mexicano: la costa de Nayarit, el Archipiélago de Revillagigedo y la región de Los Cabos, Baja California Sur.

Se determinó una tasa de nacimiento como el porcentaje de crías en el total de animales calculando una tasa obtenida con datos de avistamientos, denominada NacA y otra con datos de fotoidentificación, denominada NacF. Estas tasas mostraron valores globales de 6.5% y de 15.8% respectivamente para la Bahía de Banderas y de 11.1% y 20.6% para las Islas Revillagigedo. Considerando sólo aquellos años en donde se registraron crías en Baja California, se obtuvieron tasas NacA y NacF de 6.8% y 6.4%. Otra tasa de nacimiento se determinó como el número anual de crías promedio por hembra el cual globalmente es de 0.57 crías por hembra por año para la Bahía de Banderas y de 0.62 para las Islas Revillagigedo.

De un total de 72 hembras identificadas en 51 se determinaron intervalos mínimos entre partos. Se encontraron intervalos de dos y tres años en la Bahía de Banderas y de uno, dos, tres y cinco años en Revillagigedo. En promedio, estos intervalos fueron de 2.20 años para la Bahía de Banderas y de 2.21 años para Revillagigedo. Al parecer, en las zonas de estancia invernal, el encuentro entre machos y hembras y la elección de áreas de reproducción por parte de las hembras no afectan la tasa de nacimientos. En el 23% de las hembras identificadas ocurrieron uno o más cambios de área habitual de reproducción en diferentes años pudiendo realizar estos movimientos preñadas o en descanso (anestro). Esto indica que la reproducción de las hembras no está restringida por las condiciones en las zonas de invierno sino que depende mucho más de la alimentación durante el verano.

En los últimos años hay un aumento aparente de la tasa de nacimiento. En 1996 las tasas de nacimiento globales para la Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo fueron 16.4% para NacF y 9.8% para NacA. En 1998 estas tasas fueron 32.0% y de 13.8% respectivamente. También en años recientes, se observa un pequeño incremento en el intervalo de reproducción promedio. Todo esto se interpreta como cambios en la tasa de reclutamiento e historia de vida de las hembras asociados a la recuperación de la población de ballenas jorobadas en el Pacífico nororiental.

## ABSTRACT

The humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) was intensely and commercially exploited during the XIX century and the first half of the XX century leading to a drastic reduction in the abundance of these animals. Ongoing research in many parts of the world is on its way to know the degree and form of the apparent recovery of this species. As a breeding region for humpback whales, the Mexican Pacific is important for such a recovery and research of these animals in México has been made during the last two decades being currently necessary to actualize the knowledge on reproduction. In this work the birth rate and the between-birth intervals of humpback whales are analyzed in the three main wintering aggregations of the Mexican Pacific: the Nayarit coast, the Revillagigedo Archipelago and the region of Los Cabos, Baja California Sur.

A birth rate was determined as the percentage of calves in the total of animals. A rate, called NacA, was calculated with sighting data and another rate, called NacF, was calculated using photoidentification data. These rates had global values of 6.5% and 15.8%, respectively, for Bahía de Banderas and of 11.1% and 20.6% for Revillagigedo Islands. Accounting only those years in which calves were registered in Baja California, the rates NacA and NacF were 6.8% and 6.4% respectively. Another birth rate was determined as the annual average number of calves per female which is globally 0.57 calves per female per annum for Bahía de Banderas and 0.62 for Revillagigedo Islands.

In 51 identified females, from a total of 72, minimum between-birth intervals were determined. Two- and three- years intervals were found in Bahía de Banderas while one-, two-, three- and five- years intervals were observed in Revillagigedo. Such intervals were in average 2.20 years in Bahía de Banderas and 2.21 years in Revillagigedo. In the wintering grounds, it seems that the encounter between males and females and the selection of reproduction areas by the females do not affect the birth rate. 23% of the identified females had one or more changes of usual breeding area in different years with no relation to parturition or to reproductive resting (anoestrus). This indicates that females reproduction is not restrained by conditions of the wintering areas and thus that it is more dependent on the summer feeding.

In the last years there is an apparent increase of the birth rate. In 1996 the global birth rate for Bahía de Banderas and the Revillagigedo Islands was 16.4% for NacF and 9.8% for NacA. In 1998 these rates were 32.0% and 13.8% respectively. In recent years also, a little increase of the average between-birth interval is observed. All this is interpreted as changes in the female recruitment rate and life history associated to the population recovery of humpback whales from the east North Pacific.

## INTRODUCCIÓN

La biología es una ciencia que no debe orientarse únicamente hacia aplicaciones prácticas inmediatas. Como el estudio de la vida, cultivar todos los aspectos de esta ciencia incide siempre en la conservación de los seres vivos, incluyendo los seres humanos y del proceso que los ha originado, la evolución. La ciencia tiene un papel cada vez más importante en la vida de todas las personas y por ello es igualmente importante promover la educación científica como una premisa indispensable para lograr una sociedad democrática. La educación científica además gana apoyo para la ciencia misma por parte de los gobiernos y del público.

En las últimas décadas ha habido mucha propaganda a favor de la protección de los mamíferos marinos y se ha intensificado su investigación convirtiendo a estos animales en la bandera de moda de muchos grupos con intereses económicos, políticos y de conservación diversos. A pesar de esto y de la gran admiración y fascinación que muchos sentimos hacia los mamíferos marinos, se está lejos de comprender aspectos elementales de su biología tales como la diversidad de especies, habiendo algunas que se conocen sólo por restos óseos y que nadie ha visto en vida libre, otras que se han visto en vida libre pero de las que no hay ejemplares para examinar y muchas de las que se conoce muy poco.

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*, Borowski 1781) es uno de los mamíferos marinos más estudiados. Aún cuando se han realizado investigaciones acerca de su biología, primero por la industria ballenera y más recientemente por la comunidad académica de todo el mundo, todavía hay muchos aspectos que desconocemos. A pesar de que las poblaciones de ballenas jorobadas parecen recuperarse en todo el mundo, luego de ser casi extinguidas durante los siglos XIX y principios del XX (antes de 1905 se estimaba una población del Pacífico norte de 15 000 animales. Después de su explotación, en 1966 se estimaba que quedaban de 1000 a 1200 animales; Perry et al. 1999), se necesita conocer cuál es el estado de esta recuperación y cuál es la perspectiva de su conservación a largo plazo ya que



esta especie, por ser de hábitos costeros, interacciona cercanamente con las actividades humanas en el mar. Tal es el caso en México del gran desarrollo del turismo en general y sobre estos animales en particular durante los últimos diez años.

Un aspecto central en el estudio de cualquier especie es el de su reproducción, especialmente si se tiene interés en su conservación. En nuestro país esto es crucial para la ballena jorobada porque el Pacífico mexicano es una zona de apareamiento y crianza de cerca de la mitad de la población del Pacífico norte por lo que resulta importante para los procesos de dispersión y diferenciación poblacional que determinan la evolución de la especie. Por ello, en este trabajo se estudia la reproducción de la ballena jorobada en México atendiendo fundamentalmente a caracterizar la variación espacial y temporal de la tasa de nacimiento y de los intervalos entre partos como indicadores del estado de recuperación de la especie.

## BIOLOGÍA DE LA BALLENA JOROBADA

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) recibe también los nombres en español, de rorcual jorobado y yubarta y representa la única especie y género de la subfamilia Megapterinae dentro de la familia Balaenopteridae. La familia incluye también la subfamilia Balaenopterinae con sólo el género *Balaenoptera* el cual incluye las siguientes especies: 1) Ballena o rorcual azul o gigante, *B. musculus*, 2) Ballena de aleta o rorcual común, *B. physalus*, 3) Ballena o rorcual norteño o de Rudolphi, *B. borealis*, 4) Ballena o rorcual sardinero, tropical o de Bryde, *B. edeni* y 5) Ballena o rorcual menor o de Minke, *B. acutorostrata*. La palabra rorcual es el nombre común de los balenoptéridos y deriva del antiguo vocablo escandinavo *rorhval* que refiere los pliegues gulares que se extienden desde el extremo anterior de la mandíbula inferior hasta el ombligo (Harrison 1978; Bonner 1980).

### Morfología.

El cuerpo de la ballena jorobada es robusto y se adelgaza pronunciadamente hacia la región caudal. Las hembras alcanzan una longitud promedio de 15 m, con un máximo de 19 m y los machos de 14 m, con un máximo de 17.5 m. En promedio, las hembras son más grandes que los machos por 40 a 70 cm y como en otros mamíferos marinos, los animales del Hemisferio norte son de menor tamaño que los del Hemisferio sur. El peso varía entre 30 y 40 toneladas aunque puede alcanzar hasta 53 toneladas. La cabeza es ancha y redondeada en el lado dorsal y constituye del 28 al 30% de la longitud total del cuerpo. La mandíbula es de 10 a 30 cm más larga y más gruesa que la maxila. Hay de 270 a 400 barbas de color negro cenizo a café en cada lado de la maxila que miden aproximadamente 75 cm de largo y 30 cm de ancho. La coloración de estas ballenas es negra en la región de la cabeza, dorso, costados y pedúnculo caudal mientras que en la zona de la garganta, tórax y abdomen, hasta las líneas media ventral y al menos hasta el ano, puede presentar

una extensión variable de color blanco (Tomilin 1967; Watson 1985; Wynne 1993).

Son distintivas de la ballena jorobada unas protuberancias tegumentarias en el dorso de la cabeza arregladas en una línea central y dos laterales así como en los márgenes de ambos lados de la maxila y la mandíbula. En el extremo ventral de esta última existe una protuberancia mayor. Cada una de éstas protuberancias presenta en su ápice un pelo grueso que mide de 1 a 3 cm de largo. Las ballenas jorobadas presentan de 15 a 20 surcos guloventrales, de aproximadamente 15 cm de ancho y más largos que en otros rorcuales. La anchura y número de pliegues presenta una gran variación independiente del sexo y la edad. Estos pliegues van desde el mentón hasta el ombligo y algunos aparecen en la comisura de la boca y en la base de las aletas pectorales. Las aletas pectorales son muy largas, cerca de 5 m, lo cual representa un tercio de la longitud total del cuerpo, son muy flexibles y parecen ser importantes órganos táctiles. La superficie dorsal de estas aletas puede ser negra con extensiones variables de blanco mientras que la superficie ventral es generalmente toda blanca. La aleta dorsal se ubica en el último tercio del cuerpo encima de una joroba que le da el nombre común a esta especie y que es más evidente cuando el animal se arquea para sumergirse. La aleta dorsal es baja, menor de 30 cm, presenta una gran variación en su forma desde falcada hasta redondeada y generalmente tiene la misma coloración del lomo del animal aunque en ocasiones presenta marcas o motas blancas. La aleta caudal, que las ballenas exhiben casi siempre al sumergirse, tiene una envergadura grande, su longitud de extremo a extremo es del 27 a 33% de la longitud total del cuerpo, con un ancho del 6.7 al 8.8%. El margen posterior de esta aleta es usualmente cóncavo con un borde generalmente aserrado y puede tener una muesca profunda en su parte media (Figura 1). Dichos aserramientos se observan también en los embriones por lo que no pueden considerarse como lesiones postnatales. En los adultos las aserraciones son más pronunciadas (Tomilin 1967). La coloración de la aleta caudal es básicamente negra en su parte dorsal mientras que el lado ventral presenta una variación en las proporciones de blanco y negro que, aunada a la presencia de numerosas cicatrices y marcas naturales, hace de esta aleta una estructura útil en la identificación de

individuos (Tomilin 1967; Nishiwaki 1972; Katona y Whitehead 1981; Winn y Reichley 1985).

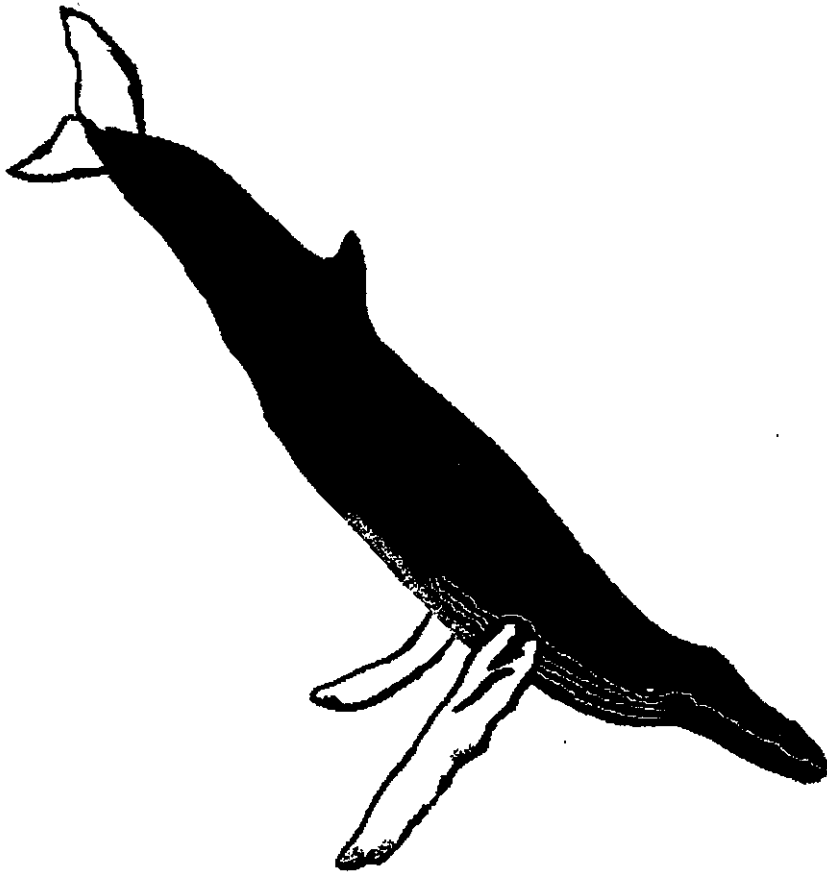


Figura 1. Ballena o rorcual jorobado. Dibujo de A. Erika Rodríguez modificado de Haley (1978).

### Distribución y Migración.

La ballena jorobada es una especie cosmopolita que se encuentra en todos los océanos, exceptuando el Ártico, reconociéndose las poblaciones del Océano Austral, Atlántico norte y Pacífico norte. Como en la mayoría de los misticetos, la ballena jorobada presenta un ciclo migratorio anual. Durante el verano las jorobadas se encuentran en altas latitudes en áreas altamente productivas en donde se alimentan de zooplancton y peces pequeños. A finales del otoño las jorobadas migran hacia

zonas de reproducción en aguas someras de regiones tropicales y subtropicales (Figura 2). La preferencia por parte de las jorobadas hacia aguas templadas en su temporada de reproducción probablemente se deba a que las capacidades de termorregulación de las crías no están suficientemente desarrolladas (Dawbin 1966). A pesar de que se reconoce la delimitación entre zonas de alimentación en verano y de reproducción en invierno, existen comportamientos asociados a la reproducción en áreas de alimentación (Straley 1986) así como de alimentación en zonas de reproducción (Lockyer 1984; Urbán y Aguayo 1987; Gendron y Urbán 1993; Laerm et al. 1996).

Se sabe que durante el invierno algunas ballenas jorobadas permanecen en sus zonas de alimentación, a lo largo de las rutas de migración o por muy poco tiempo en las zonas de reproducción. Estos pueden ser animales que no lograron almacenar suficiente grasa para migrar, animales jóvenes y algunas hembras en descanso o que fueron preñadas durante la ruta de migración y que regresan a sus áreas de alimentación (Tomilin 1967; Clapham et al. 1993; Brown et al. 1995; Craig y Herman 1997). La migración ocurre como una procesión de clases de edades y de sexo siendo las hembras lactantes las primeras en dejar las áreas de alimentación seguidas de animales jóvenes, machos maduros, hembras en descanso y por último hembras preñadas. Al final del invierno el orden se invierte, con las hembras recién preñadas comenzando el regreso hacia altas latitudes (Lockyer y Brown 1981).

La distancia de la migración varía dentro de las poblaciones oceánicas, la más larga documentada hasta ahora es la de una ballena identificada alimentándose cerca de la Península Antártica y subsecuentemente registrada en la costa pacífica de Colombia con una distancia en una sola vía mayor a los 10,000 km. Esto representa un récord de migración entre los mamíferos y muestra que las jorobadas del océano Antártico atraviesan el ecuador en camino hacia sus zonas de reproducción (Stone et al. 1990, Flórez-González et al. 1998).

El desfase estacional de los hemisferios ocasiona que el contacto entre las poblaciones australes y boreales sea poco probable (Stone et al. 1990) aunque alguna mezcla ha ocurrido en el pasado o puede ocurrir como lo muestran diversos

geográficas distintas en el invierno y en el verano y que no describe adecuadamente la estructura poblacional de estos organismos. Como la agregación poblacional es distinta en zonas de verano e invierno, Baker et al. (1986) sugieren el término de stocks estructurados para describir varias manadas de alimentación o grupos ecológicos que se mezclan para reproducirse en una o más áreas invernales.

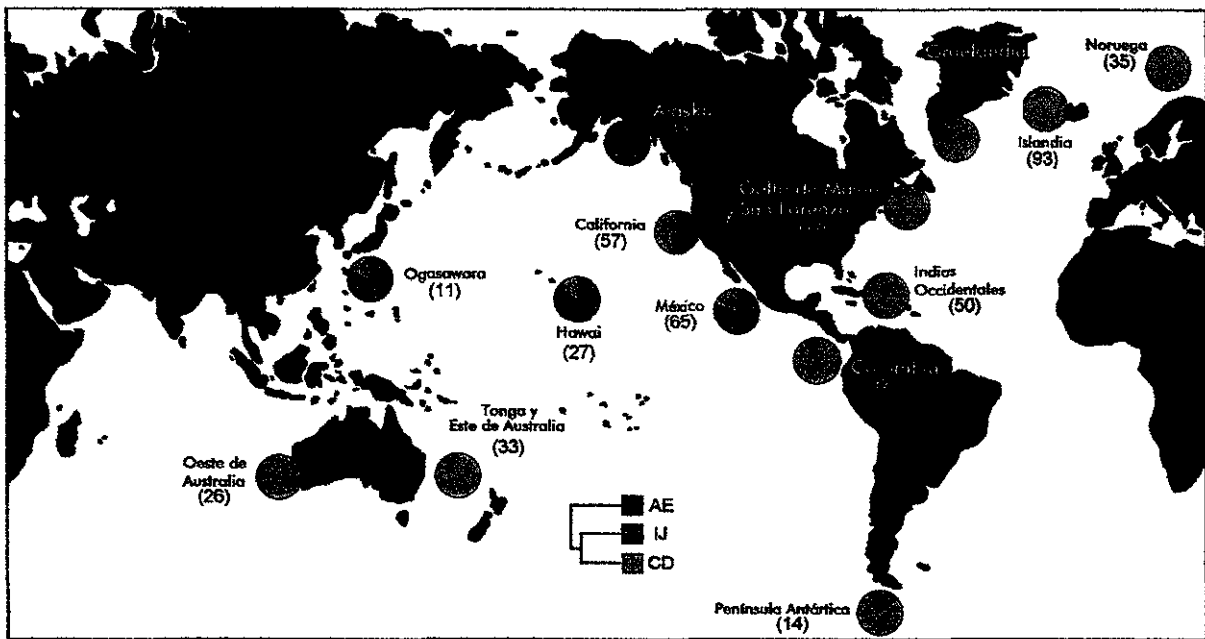


Figura 3. Distribución de los haplotipos mitocondriales en las poblaciones de ballena jorobada donde se observa la predominancia del clado CD en el Océano Austral y su presencia en las ballenas del hemisferio norte. Los números en paréntesis muestran el tamaño de muestra de cada región. Tomado de Baker y Medrano-González (2001).

La separación entre las subpoblaciones o stocks resulta de la filopatría que se establece cuando la cría completa un ciclo migratorio con su madre. La fidelidad migratoria no es absoluta y es mayor hacia las zonas de alimentación. En las tres grandes poblaciones oceánicas se observa que unas cuantas áreas grandes de reproducción son visitadas por ballenas de varias zonas discretas de alimentación minimizando así la endogamia. Esto puede hacer surgir nuevas agregaciones por cambios en la distribución que pueden ser ocasionados por cambios en la

Spitsbergen y sureste de Groenlandia. Al parecer, muchas de estas ballenas migran a las Islas de Cabo Verde y la costa occidental africana. Un número considerable igualmente migra hacia las Antillas. En el Mediterráneo hay reportes ocasionales de rorcuales jorobados (Katona y Whitehead 1981; Whitehead y Glass 1985; Katona y Beard 1990). Genéticamente existe evidencia que apoya la división tradicional entre las ballenas del este y oeste del Atlántico norte ya que hay diferencias significativas en la composición de linajes mitocondriales (Baker y Medrano-González 2001).

En el Pacífico norte, las jorobadas se distribuyen en el verano en áreas de alimentación a lo largo de las costas continentales e islas desde California hasta Taiwán incluyendo el Golfo de Alaska, Mar de Bering, Mar de Chuckchi y Mar de Okhotsk (Figura 4). Con base en las áreas adonde se reproducen estas ballenas, se reconocen las subpoblaciones americana u oriental, hawaiana o central y asiática u occidental. Se conoce que las ballenas de la subpoblación americana se reproducen en el Pacífico mexicano y de Centroamérica y se alimentan frente a las costas de California, Oregon y Washington. La subpoblación hawaiana se reproduce alrededor de las Islas Hawai y se alimenta frente a la costa de Alaska e Islas Aleutianas. La subpoblación asiática se reproduce desde el sur de Japón a Taiwán, incluyendo diversas islas y se alimenta desde el Mar de Okhotsk hasta los alrededores de las Aleutianas. La composición de linajes mitocondriales de las subpoblaciones del Pacífico norte son semejantes aunque la subpoblación hawaiana es algo disímbola y poco diversa (Rice 1974, 1978; Herman y Antinoja 1977; Darling y Jurasz 1983; Johnson y Wolman 1984; Darling y McSweeney 1985; Baker et al. 1986, 1998; Medrano-González et al. 1995; Calambokidis et al. 2000; Figura 3).

### Abundancia.

La estimación de los tamaños originales de las poblaciones de ballenas jorobadas se basan en las estadísticas de la captura comercial la cual fue muy intensa debido a los hábitos costeros de esta especie. Antes de cazarse comercialmente, la población mundial de jorobadas era cercana a 125,000 animales. A principios de los

1990s se estimaba una abundancia de 10,000 a 12,000 jorobadas. La ballena jorobada recibió primero protección en el Atlántico norte en 1955 por la Comisión Ballenera Internacional (CBI) y a partir de 1966 en el Pacífico norte y Hemisferio sur (Rice 1978; National Marine Fisheries Service 1991).

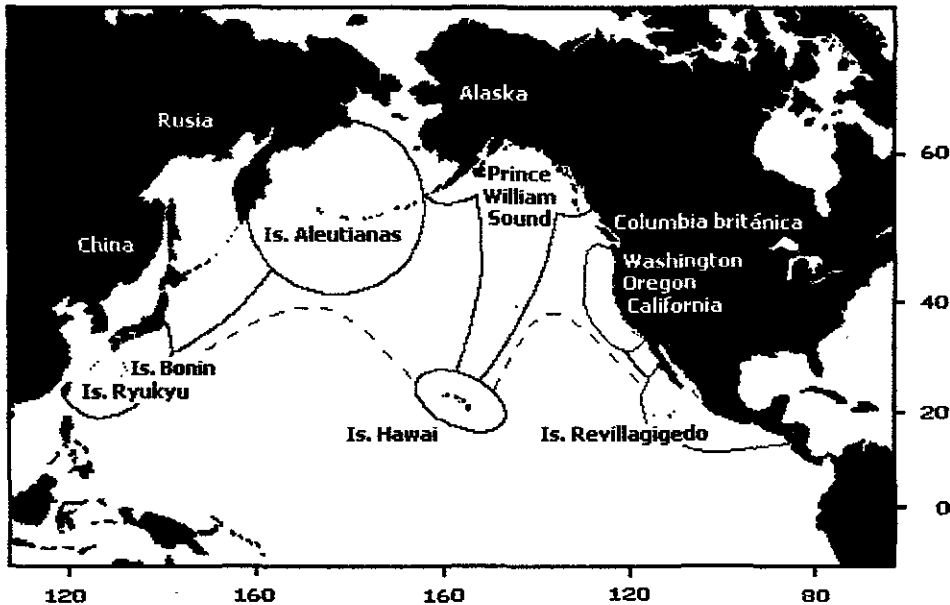


Figura 4. Distribución y principales destinos migratorios de la ballena jorobada en el Pacífico norte. Se muestran las principales subpoblaciones en fase de verano e invierno indicando con líneas continuas las principales conexiones migratorias. Las líneas discontinuas muestran reavistamientos entre diferentes zonas de reproducción, normalmente en diferentes años.

La abundancia de jorobadas en la Antártica pudo haber sido entre 90,000 y 100,000 animales. En el área III del Hemisferio sur el número estimado antes de su captura era aproximadamente de 25,000 individuos y las estimaciones de Chittleborough en 1939 eran de 4,400 a 6,800 individuos (Findlay y Best 1996). En algunas zonas del Océano Austral la población se está recuperando. Winn y Reichley en 1985 estimaron la población de la costa este de África en 340 individuos y estudios de Findlay y Best en 1996 estimaron el tamaño de la población de Mozambique sur y central en 1,954 individuos.



La abundancia de ballenas jorobadas en todo el hemisferio sur se ha calculado en poco menos de 20,000 animales aunque se juzga que este número es una sobrestimación (Perry et al. 1999).

En el Atlántico norte actualmente viven cerca de 10,600 individuos (Johnson y Wolman 1984; Perry et al. 1999). En el Atlántico noroccidental se estimaban 1,200 individuos (Winn et al. 1975) y en las áreas de reproducción de Cabo Verde se estiman poco más de 1,700 individuos (Findlay y Best 1996).

El número de jorobadas en la población del Pacífico norte antes de su explotación intensiva era de 15,000 a 20,000 individuos (Rice 1978). Cálculos realizados durante los 1980s sugieron un mínimo estimado de 1,200 (Rice 1978; Perry et al. 1990). En el Golfo de Farallones, California, Calambokidis et al. (1988) estimaron una población de 1,658 jorobadas en tres años de estudio (1986-88) y para la costa central de California los mismos autores en 1988 estimaron una población de 230 individuos. Varios estudios en Hawai indican una abundancia de aproximadamente 2,000 ballenas (Darling y McSweeney 1985; Darling y Morowitz 1986; Baker y Herman 1987; Perry et al. 1990). Más recientemente, según Calambokidis et al. (1996) la población de ballenas jorobadas en todo el Pacífico norte es de 6,000 a 8,000 animales. Las estimaciones de la abundancia de jorobadas en aguas mexicanas indican 2,300-2,700 individuos (Urbán et al. 1994, 1999), por lo que un estimado de la población para el centro y este del Pacífico norte estaría cercano a los 4,000 animales.

## Reproducción.

Mucha de la información del ciclo reproductivo de las jorobadas se obtuvo del examen de organismos capturados por la industria ballenera. El periodo de gestación abarca de 11 a 11.5 meses, las jorobadas comúnmente tienen una cría por parto y éstas se conciben y nacen en aguas tropicales y subtropicales durante el invierno. Las crías miden al nacer de 4.5 a 5 m y pesan de 1,300 a 1,400 kg. El periodo de

poco tiempo después del parto todavía se observa de gran tamaño (Chittleborough 1958). Los folículos de Graff de las hembras preñadas son generalmente del tamaño de aquellas jorobadas no preñadas o en anestro, esto es, 16 a 30 mm de diámetro. Cuando las jorobadas regresan a aguas templadas durante la preñez avanzada la mayoría de los folículos de Graff se atrofia (Chittleborough 1958).

En las hembras preñadas cercanas al parto, los lóbulos y alvéolos de la glándula mamaria se encuentran bien desarrollados, encontrándose en la mayoría de los casos fluido en los ductos (Chittleborough 1958). Histológicamente se distinguen dos fases en las glándulas mamarias de hembras preñadas cercanas al parto. La primera fase se caracteriza por un gran núcleo vesicular y células alveolares con pocos signos de actividad secretora. En la segunda fase, el núcleo de las células alveolares es generalmente más pequeño, no esférico, con la cromatina más concentrada y el citoplasma más granular y basófilo siendo la actividad secretora mayor en los alvéolos periféricos a cada lóbulo. La segunda fase ocurre poco tiempo después del parto. La involución de las glándulas mamarias ocurre poco antes del destete (Chittleborough 1958).

De datos obtenidos a partir del análisis de ovarios y glándulas mamarias, Matthews (1937) sugirió que la mayoría de las hembras tienen una cría cada dos años y una minoría tienen dos crías cada tres años. Chittleborough (1958) igualmente concluyó que aunque las jorobadas generalmente conciben hasta que la lactancia ha terminado, la ovulación posparto es común en esta especie por lo que la preñez y la lactancia pueden ocurrir simultáneamente (Chittleborough 1958).

Los intervalos entre partos pueden variar entre uno y dos años en Hawai, (Glockner-Ferrari y Ferrari 1984) y de uno a siete años en Alaska, (Perry et al. 1990; Straley et al. 1994). En México en la Isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo, el intervalo de reproducción es en promedio de 2.1 años pero se han observado un alto número de intervalos de reproducción de un año lo cual indica que la ovulación posparto con concepción ocurre con una frecuencia considerable (Salas Rodarte 1993). En general., las hembras maduras presentan en promedio un intervalo de

nacimientos de 2.7 años (Baker et al. 1987; Clapham y Mayo 1987a; Clapham y Mayo 1990; Perry et al. 1990) habiendo una gran variación individual.

Las tasas de natalidad estimadas en trabajos como los de Perry et al. (1990), son mayores en un área de reproducción (Hawai) que en una de alimentación (Alaska). Esto podría significar la presencia de sesgo en las observaciones o una gran mortalidad neonatal durante el viaje de migración. Observaciones de Straley et al. (1994) muestran que el porcentaje de hembras con cría en años sucesivos en zonas de alimentación es muy bajo en comparación al de las áreas de reproducción lo cual sugiere mayor mortalidad en las crías nacidas en intervalos de un año. Esto apoya la idea de que aunque la ovulación postparto es común, sólo una pequeña proporción de hembras puede mantener la preñez anual (Glockner-Ferrari y Ferrari 1984; Straley et al. 1994). Se conoce muy poco acerca de los factores que influyen en la reproducción de las jorobadas y de qué modo pueden afectar parámetros biológicos como sus tasas de reproducción. Se ha sugerido que la variación de la temperatura superficial del mar tiene influencia sobre la tasa de nacimiento y que las variaciones anuales en la abundancia y tasas de nacimiento de las jorobadas son afectadas por la disponibilidad de alimento (Straley et al. 1994). Datos de la zona de Prince William Sound muestran una correlación directa entre abundancia de presas en un año y la tasa cruda de nacimientos al siguiente (Darling y McSweeney 1985). Hay datos que indican que las hembras después de intervalos de nacimiento de más de cinco años muestran una mayor tendencia a producir machos lo cual sugiere que la condición de las hembras influye en la proporción de sexos (Clapham 1996).

En especies como la ballena gris y la franca, el gran tamaño y peso de los testículos, con relación al tamaño corporal, hace considerar que hay una gran producción de espermatozoides y por lo tanto que existe una competencia espermática, es decir, los machos al copular compiten con aquellos machos que han copulado anteriormente para conseguir desplazar o diluir su espermatozoides en los órganos reproductivos de la hembra. En la ballena jorobada, el tamaño relativo de los testículos no es tan grande y la competencia entre los machos es precopulatoria como

como la depredación y la estacionalidad, pueden también afectarlos. Aunque algunos autores han considerado el sistema de apareamiento de las jorobadas como de tipo poligínico o promiscuo (Perry et al. 1990), existe controversia porque varios autores han notado las características de un lek (Bradbury 1981 en Cerchio 1996) como son: 1) Los machos no proveen cuidado parental; 2) Los machos se congregan y tienen conductas de despliegue en áreas específicas en donde la mayoría de las cópulas ocurren estando estas áreas separadas de aquellas en donde se realizan otro tipo de actividades como la alimentación; 3) Los sitios de reproducción no contienen recursos requeridos por las hembras y 4) Las hembras pueden elegir a su compañero cuando visitan estas zonas. La mayoría de los autores están de acuerdo con esta definición de lek pero no es claro si las hembras juegan un papel activo en la elección de pareja (Hoglund y Alatalo 1995 en Cerchio 1996).

El sistema de apareamiento es también muy parecido al descrito por Emlen y Oring (1977) de poliginia con dominancia entre machos ya que al menos parece cumplir con la mayoría de los requerimientos para un sistema de este tipo: 1) Cuidado paternal ausente; 2) Falta de defensa de recursos o de hembras y 3) Existencia de conductas de desplante por parte de los machos, así como una competencia directa entre los mismos por las hembras en esto sin que en ocasiones haya una hembra presente (Clapham et al. 1992). Debido a que existen tanto elementos de poliginia por dominancia entre machos y de lek, Clapham (1996) concibió el sistema de apareamiento de las jorobadas como un lek flotante. Otros autores no están de acuerdo en la subdivisión de leks pero si mencionan diferencias dentro del mismo lek entre especies e incluso entre poblaciones de la misma especie (Cerchio 1996).

## Conducta.

Ya que en las áreas de reproducción las jorobadas no se alimentan o lo hacen esporádicamente, las hembras pueden distribuirse de una forma amplia e impredecible. Al mismo tiempo, el hecho de que la presión por depredación sea baja

en estos hábitats tropicales, libera a los animales de la necesidad de formar grandes grupos trayendo como consecuencia que se encuentren solos o en grupos pequeños. Por esto, la defensa por parte de los machos de un área o de un grupo de hembras no resulta probable. Aún cuando en un área de reproducción existan cientos de ballenas, los machos no pueden monopolizar más de una hembra a la vez por lo que la competencia de los machos es por una hembra más que por grupos de ellas (Clapham 1992; Medrano-González et al. 1994; Brown et al. 1995, Clapham 1996). Con base en esto, la estructura social característica en áreas de reproducción es de ballenas solas o en grupos pequeños, aunque en ocasiones se forman grandes grupos con una competencia intrasexual intensa, estos son generalmente inestables.

En áreas de reproducción Tyack y Whitehead (1983) notaron que los llamados grupos de competencia contenían típicamente un animal nuclear que se comportaba en forma más pasiva y una escolta principal que mantenía la posición más cercana al animal nuclear defendiendo esta posición de otras ballenas. Al identificarse el sexo de los participantes de estos grupos, se confirmó que el animal nuclear era una hembra y que el resto de los participantes eran machos buscando desplazar al macho escolta (Clapham et al. 1992; Brown et al. 1995; Darling et al. 1983; Glockner-Ferrari y Ferrari 1984; Medrano et al. 1994). Aunque en algunas ocasiones puede haber más de una hembra y en otras ninguna, los grupos de competencia se componen de una hembra nuclear y machos en competencia. Hay evidencia de que existen coaliciones entre machos para desplazar a la escolta principal e incluso la proporción de pares macho-macho en áreas de reproducción es mayor que otro tipo de asociaciones entre sexos (Clapham 1996; Falcone 1999). Sin embargo, aún si se tratara de individuos relacionados, lo cual es poco probable, el beneficio para la mayoría de los machos en colaboración resultaría magro (Clapham 1996).

El que los machos presenten diferentes grados de cicatrices en su aleta dorsal, como resultado de los comportamientos agresivos entre ellos en los grupos de competencia, podría significar que no todos los machos tienen las mismas oportunidades de llegar a ser una escolta principal (Chu y Nieukirk 1988) y los machos que no pueden competir exitosamente en forma directa pueden utilizar el

canto como un desplante para atraer a las hembras. Observaciones de hembras que se unen a cantores luego de abandonar una escolta pueden apoyar esto (Medrano et al. 1994) pero esta misma evidencia apoya la idea contraria si se considera que muchos cantores interrumpen el canto y despliegan agresiones contra machos que pasan cerca de ellos (Tyack 1981).

El comportamiento no agresivo e incluso cooperativo durante el verano contrasta con la competencia agresiva entre los machos en el invierno (Baker y Herman 1984b). Aunque hay poca evidencia de que la organización social y el comportamiento en verano pueda estar influido por las interacciones de invierno, o viceversa, existen datos de zonas de alimentación del Golfo de Maine que muestran una menor frecuencia de agregaciones entre machos de lo que se esperaría si éstas ocurrieran al azar lo cual, según Weinrich y Kuhlberg (en Clapham 1996), puede tomarse como una extensión de la competencia intrasexual. Clapham (1996) opina que estas asociaciones entre machos en el verano ocurren con más frecuencia de lo que se cree.

El canto es un comportamiento característico de hábitats invernales (Payne y McVay 1971; Winn y Winn 1978) y parece ser un poderoso desplante auditivo con el cual los machos probablemente indican adecuación (Chu 1988) para atraer parejas potenciales. Existen otras posibles explicaciones al canto como son: 1) Mediar las interacciones entre los machos 2) Separar a los machos por una distancia mínima (Darling 1983) y 3) Sincronizar el estro de las hembras (Baker y Herman 1984a).

La falta de observaciones de interacciones agresivas entre hembras puede explicarse con base en la proporción de sexos que se sabe está sesgado hacia los machos en las zonas de reproducción (2.4:1 Brown et al. 1995) ya que al existir un mayor número de machos, éstos no representan un recurso por el cual las hembras tengan que competir (Omura 1953 citado por Tomilin 1967; Mattila et al. 1989; Glockner-Ferrari y Ferrari 1984; Clapham et al. 1992).

como la Isla de Maui, Hawai (Glockner y Venus 1983; Glockner-Ferrari y Ferrari 1984). En el sureste de Alaska, la abrupta partida de ballenas de Glacier Bay en el verano de 1978 coincidió con el incremento del tráfico de embarcaciones durante los cinco años anteriores. Después del establecimiento de normas y regulaciones hacia el número de embarcaciones y la prohibición de que éstos se acercaran a más de 0.25 millas náuticas de la ballena o grupo de ballenas, se verificó un aumento en el número de ballenas en Glacier Bay y aguas adyacentes (Baker y Herman 1982; Baker y Herman 1989). Lo anterior indica que las jorobadas exhiben un considerable grado de cambios a corto plazo en sus comportamientos como respuesta al tráfico de embarcaciones (Baker y Herman 1989).

Los eventos de respiración de las ballenas, particularmente los intervalos entre soplos y tiempos de buceo, son los indicadores más sensibles de perturbación por la actividad de las embarcaciones (Baker y Herman 1989). Al mismo tiempo, se ha mostrado que las ballenas jorobadas responden ante la cercanía de embarcaciones incrementando sus periodos de apnea y apartándose de las embarcaciones o de sus rutas (Baker y Herman 1982; Baker y Herman 1989) pero existen datos que muestran una disminución en los tiempos de buceo al haber embarcaciones presentes en el área (Ramírez Saudiel 1995). Ambos efectos pueden interpretarse como distintas estrategias de evasión de las ballenas. Baker y Herman 1989 describen dos respuestas de las ballenas jorobadas hacia las embarcaciones 1) Huida horizontal como respuesta a embarcaciones que se encuentran a distancias de más de 2,000 m y que se caracteriza por un nado rápido con algunos buceos prolongados, y 2) Huida vertical como respuesta a embarcaciones a distancias de menos de 2,000 m, durante la cual las ballenas nadan más lentamente pero pasan más tiempo sumergidas. La evidencia acerca del cambio en la composición de los grupos ocasionados por las embarcaciones es poca para tener una medida de perturbación (Baker y Herman 1989).

Uno de los mayores problemas para las jorobadas y para cualquier especie es el impacto de la contaminación sobre sus hábitats y sobre las especies mismas. En los tejidos de las ballenas jorobadas de Canadá, Estados Unidos de América y el Caribe

se han detectado pesticidas organoclorados, metales pesados y PCBs (Taruski et al. 1975). Este tipo de compuestos afecta no sólo de manera directa a los organismos adultos al actuar como agentes inmunodepresivos del sistema inmunológico. Además, al almacenarse en la grasa, se traspasan a las crías por la leche afectando así a las siguientes generaciones (Brody 1989; Gaskin 1982; Reijnders 1988; Reijnders et al. 1999). Los contaminantes presentan también un impacto en la disponibilidad de alimento debido a que los crustáceos y peces de que se alimentan las jorobadas son muy susceptibles a los efectos tóxicos de estos contaminantes (National Marine Fisheries Service 1991).

Junto con la evidencia de que el desarrollo humano en las costas afecta la distribución de las jorobadas (Baker y Herman 1982; Baker y Herman 1989), el impacto potencial del ruido, el turismo y la contaminación del agua son factores cuyos efectos en la sobrevivencia y reproducción de las ballenas deben evaluarse. Una reducción en la adecuación puede ocurrir por los efectos acumulativos del estrés (Laws 1973; Herrenkohl 1979 en Baker y Herman 1989) por la interrupción de comportamientos importantes como el cortejo, la cópula, el cuidado de crías y la alimentación (Reeves 1977 en Baker y Herman 1989) así como por el desplazamiento de las ballenas de sus hábitats preferidos (Herman y Antinoja 1977; Herman 1980; Anónimo 1984 en Baker y Herman 1989). A pesar de esto, el daño, la posible molestia o incluso la posible habituación de las jorobadas debe sopesarse y evaluarse con el potencial de beneficios de la observación comercial de ballenas. Estos beneficios van desde la disponibilidad de plataformas para investigaciones sin costo para los científicos hasta la oportunidad para el público de aprender acerca de las jorobadas y de otros aspectos de la biología marina lo cual trae como consecuencia la estimulación del apoyo del público para la conservación no sólo de las ballenas sino del océano y el ambiente en general.



## ANTECEDENTES

### La ballena jorobada en México.

Las jorobadas que se encuentran durante el invierno en México forman parte del grupo americano del Pacífico norte. Estos animales se distribuyen en el borde sur de la Península de Baja California, la costa occidental de México; desde Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec incluyendo a las Islas Tres Marías e Isabel, la Bahía de Banderas así como el Archipiélago de Revillagigedo. La agregación costera se extiende hasta Centroamérica (Figura 5). En México, se han observado ballenas jorobadas en el alto Golfo de California en distintos meses del año, aunque la identidad y relación demográfica de estas ballenas con las de las demás regiones del Pacífico norte no se conocen bien (Rice 1974; Urbán y Aguayo 1987; Urbán et al. 1989; Gendron y Urbán 1993). La zona de reproducción de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano se describió desde el siglo XIX por Scammon (1874) quien cazó estos animales frente a las costas de Baja California y de Nayarit. Otros reportes (Rice 1974) mostraron la presencia de estas ballenas en las Islas Revillagigedo. En el Golfo de México la ocurrencia de ballenas jorobadas es rara (Schimidley 1981 en Johnson y Wolman 1984; Laist et al. 2001).

Desde 1983 el Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México ha conducido estudios sobre la ballena jorobada principalmente en las costas de Nayarit y Jalisco y desde 1985 estos estudios se extendieron al Archipiélago de Revillagigedo. En 1988 se iniciaron estos estudios en Baja California por el Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

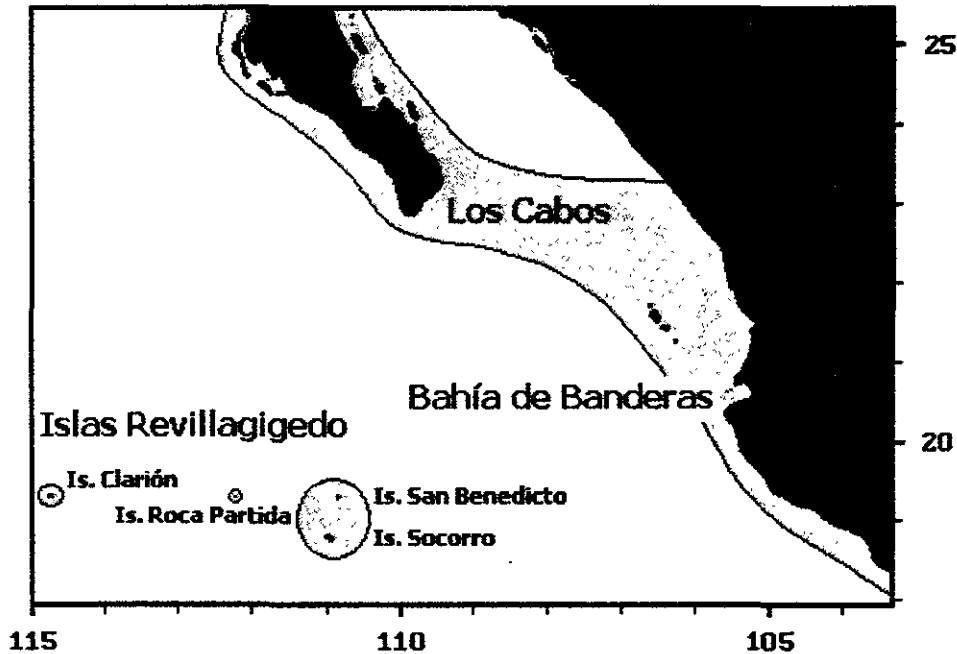


Figura 5. Distribución de la ballena jorobada en el Pacífico mexicano. Modificado de Urbán et al. (1999).

A partir de la identificación fotográfica de los rorcuales jorobados, se considera a las regiones de Baja California y Costa occidental de México como una agregación separada de las ballenas de las Islas Revillagigedo (Urbán y Aguayo 1987; Urbán et al. 2000b). Por medio del análisis de variabilidad en el genoma mitocondrial, se conoce que las jorobadas de la costa occidental de México presentan los haplotipos denominados A, E y F en proporciones similares en donde el tipo mitocondrial A es más frecuente hacia el norte y el F hacia el sur. La composición de los haplotipos mitocondriales de Revillagigedo es similar a la costa occidental de México pero con una frecuencia mayor de los tipos E. La diferencia entre Bahía de Banderas y Socorro es un poco mayor que entre Baja California y Socorro (Medrano-González 1993).

Las ballenas de la costa occidental pasan el verano alimentándose principalmente en aguas de la costa de California, Washington y Oregon en donde existen los tipos mitocondriales denominados E y F así como en aguas de la Columbia Británica. También existen recapturas con otras zonas de alimentación del Pacífico

norte como lo son el sureste de Alaska y del Golfo de Alaska en donde el tipo mitocondrial predominante es el A (Medrano-González 1993; Urbán et al. 2000b).

Para las ballenas jorobadas de las Islas Revillagigedo no se conoce un destino de alimentación principal aún cuando existen unas pocas recapturas fotográficas entre Revillagigedo y zonas de alimentación como la Columbia Británica, Prince William Sound, la Isla Vancouver y las Aleutianas (Urbán et al. 2000b).

Aunque se considera que las ballenas de las Islas Revillagigedo son una agregación diferente de las de la costa occidental, un estudio de los cantos de las ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas y el área de Revillagigedo no encontró diferencias entre dichas agregaciones invernales (Salinas Zacarías 2000). Esto sugiere que la diferenciación poblacional en las ballenas jorobadas lleva tras de sí una diferenciación cultural menos acentuada. Existen evidencias de intercambio entre México y Hawai entre años distintos e incluso en una misma temporada (Darling y McSweeney 1985; Urbán et al. 2000b). Este intercambio se ha documentado entre Hawai y Baja California y entre Hawai y Revillagigedo. Se ha observado que las ballenas jorobadas de Hawai y Revillagigedo cantan una misma canción y que esta cambia progresivamente del mismo modo en ambas zonas (Payne y Guinee 1983; Payne et al. 1983). Esto demuestra que la evolución de la canción obedece a restricciones estructurales que retardan la diferenciación cultural.

Se han realizado diversas estimaciones del tamaño de la población del Pacífico mexicano. Urbán et al. (1999) calculan 1,813 ballenas para Baja California y la costa de México (918-2505) y 914 ballenas para el Archipiélago de Revillagigedo (590-1193). Un número mínimo de jorobadas que visitan el Pacífico mexicano es de 1,500 y un máximo es de 2,700 individuos.

Un estudio previo sobre la reproducción de las jorobadas en el Pacífico mexicano (Salas Rodarte 1993) documentó para la Isla Socorro, Revillagigedo, 16 intervalos de reproducción con un promedio de 2.1 años así como tasas de nacimiento promedio de 8.9% para la Isla Socorro y de 5.8% para la Bahía de Banderas. El estudio en cuestión registró un 38% de partos anuales consecutivos en la Isla Socorro concluyendo que al menos esta población se encuentra en recuperación.

En México la actividad turística de observar ballenas se realizó en un principio hacia la ballena gris en algunas lagunas de Baja California. Esta actividad se expandió después a otras regiones y en los últimos 10 años a la jorobada. Investigaciones en diversas regiones han demostrado que si bien la visita de las jorobadas puede verse como un recurso al cual se le puede tomar provecho, se deben de evaluar aspectos como el comportamiento y la distribución de las jorobadas en cada zona para que dicha actividad pueda proseguir de manera sustentable. Con base en esto, en México se estableció la Norma Oficial Mexicana NOM-131-ECOL-1998 que establece lineamientos para la observación de ballenas tanto con fines turísticos como científicos.

Los patrones de respiración parecen ser los indicadores más sensibles de perturbación por la actividad de observación de ballenas y de embarcaciones en general. Estudios realizados con ballenas grises en la Laguna de San Ignacio han demostrado que las hembras realizan apneas más prolongadas cuando hay una embarcación presente lo que se interpreta como un comportamiento evasivo. Con un menor número de embarcaciones alrededor, las hembras de ballena gris realizan apneas más cortas y al haber mayor número de embarcaciones las hembras realizan apneas más largas. Asimismo, a menor distancia entre la ballena y la embarcación el tiempo de apnea es más prolongado, a mayor distancia el periodo de apnea de las hembras disminuye de manera parecida a las observaciones realizadas desde puntos fijos en tierra. Esto indica que existe una respuesta negativa por parte de las ballenas grises ante la cercanía de embarcaciones (Mosig Reidl 1997).

Existen también datos que muestran una disminución en los tiempos de buceo al haber embarcaciones presentes en el área (Ramírez Saudiel 1995) lo cual podría interpretarse como distintas estrategias de evasión por parte de la jorobada. Este autor reporta también que los grupos numerosos de ballenas jorobadas son más tolerantes ante la presencia de las embarcaciones que los grupos pequeños. Villavicencio Llamosas (2000) encontró que el acercamiento de las embarcaciones aféctã a las ballenas jorobadas en dependencia del sexo y estado reproductivo así como de las actividades que los animales estén realizando al momento de la

interacción. Esta autora confirma el efecto del tráfico de embarcaciones siguiendo a las ballenas en el aumento de la apnea en las hembras con cría, el cual puede constituir un factor de estrés continuo. Villavicencio Llamosas (2000) igualmente encuentra que machos solitarios y hembras no lactantes navegando aumentan su frecuencia respiratoria ante la persecución de las embarcaciones. Todo esto muestra que la observación turística de las ballenas gris y jorobada tiene un impacto en el comportamiento de las ballenas y que constituye un factor de estrés en sus actividades invernales que se relacionan sobre todo con la reproducción. Las consecuencias poblacionales y de conservación de este impacto están lejos de conocerse.

Además de efectos inmediatos como la caza comercial y la observación turística, el hombre tiene efectos en las poblaciones de ballenas jorobadas a través de su influencia en el cambio climático mundial. Como consecuencia de los cambios anómalos de la temperatura del agua de mar durante eventos del ciclo El Niño-Oscilación del Sur existe evidencia de desplazamientos de mamíferos marinos hacia aguas menos calientes (Arntz y Fahrbach 1996 en Ladrón de Guevara Porras 2001) así como evidencia de escasez de alimento por parte de los consumidores de plancton, peces y calamares, entre ellos algunos mamíferos marinos (Ramírez 1986 en Ladrón de Guevara Porras 2001).

Urbán Ramírez et al. (2000a) reportan que durante El Niño 1998 existió un menor número de hembras de ballena gris con cría, una alta mortalidad y una menor talla de las crías con respecto a años sin este tipo de eventos. Con respecto a La Niña 1999 registraron cambios en la distribución de ballenas grises hacia latitudes más sureñas, lo opuesto a lo observado durante la fase de El Niño. Las hembras con cría resultaron ser el grupo más afectado ya que son las que parecen preferir cierta temperatura del agua para parir y criar a sus crías.

Con respecto a la ballena jorobada en el Pacífico mexicano, Ladrón de Guevara Porras (2001) encontró que estos animales cambian su distribución invernal en dependencia de las variaciones anuales de la temperatura superficial del mar asociadas al ciclo ENOS y que esto afecta sus hábitos durante el transcurso del invierno.

Del análisis de dermis obtenidos en los años 1998 y 1999 Nolasco Soto (En proceso) encontró que el porcentaje promedio de ácidos grasos fue mucho menor en 1999 en comparación a 1998 lo cual puede deberse a los efectos de el Niño 1997-1998 en la alimentación de las ballenas jorobadas durante el verano. Nolasco Socto (En proceso) también encontró diferencias en la composición de ácidos grasos, lo que indica un cambio en la dieta de las jorobadas durante El Niño. Los efectos del cambio climático en los hábitos reproductivos de las ballenas jorobadas obedecen por un lado a los efectos en la ecología alimentaria durante el verano y a las preferencias invernales de los animales debido a que esta especie se asocia a aguas someras con temperatura superficial cercana a 25 °C. Se conoce que el cambio climático natural asociado a las glaciaciones ha afectado la estructura filogeográfica de la ballena jorobada y esto lleva a preguntarse por los efectos que la influencia humana en el clima tenga a largo plazo en la evolución de esta especie (Baker y Medrano-González 2001; Medrano González et al 2000).

## PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Después de la intensa explotación de la cual las ballenas jorobadas fueron objeto, en la actualidad algunas de sus poblaciones se han incrementado encontrándose en una aparente recuperación. Conocer cómo distintas poblaciones se recuperan y qué números debemos esperar para cada región y población, reclama refinar las estimaciones de parámetros usados en la dinámica de poblaciones y por ello, además de determinar el tamaño poblacional absoluto, evaluar la recuperación de las poblaciones de ballenas jorobadas requiere de estimar sus tasas de nacimiento así como sus patrones de sobrevivencia y mortalidad en función de la edad y el sexo. En el estado actual de la investigación sobre grandes cetáceos, investigar el ciclo reproductivo de las hembras resulta fundamental y una de las pocas aproximaciones que da información sobre la dinámica poblacional de estos animales. El Pacífico mexicano alberga cerca de la mitad de la población de ballenas jorobadas de todo el Pacífico norte y es una zona importante para los procesos de dispersión y diferenciación poblacional que son de interés a escala evolutiva. Por ello, la conservación de la especie a largo plazo y a escala mundial requiere de estudiar su reproducción en nuestro país (Medrano González et al. 2000; Urbán Ramírez 2001).

En el presente trabajo se examina la distribución espacial y temporal de las tasas de nacimiento y los intervalos de reproducción de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano actualizando el trabajo de Salas Rodarte (1993) al incluir datos de 1986 a 1998 y examinar información de la región de Los Cabos, BCS. Junto con esto, se analizan y discuten algunos temas nuevos como las variaciones oceanográficas, la tasa de encuentro entre machos y hembras, las tasas de reavistamiento de adultos y crías, la filopatría, así como el esfuerzo de observación y para lo cual se plantean los siguientes objetivos.

## Objetivos.

**General:** Conocer algunos aspectos de la reproducción de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano y el efecto en ella de las variaciones oceanográficas y de los hábitos las mismas ballenas.

### Objetivos particulares:

- ° Determinar el efecto de la temperatura superficial del mar en la distribución de las hembras con cría.
- ° Determinar la variación espacial y temporal de las tasas de nacimiento.
- ° Determinar el efecto que hay en la tasa de nacimiento de factores tales como la tasa de encuentro entre machos y hembras, las tasas de reavistamiento de adultos y crías y el esfuerzo de observación.
- ° Determinar la distribución espacial y temporal de los intervalos de reproducción.
- ° Determinar si los hábitos reproductivos de las hembras se relacionan con la filopatría.



## ÁREA DE ESTUDIO

### Archipiélago de Revillagigedo.

El Archipiélago de Revillagigedo se localiza entre las coordenadas  $18^{\circ} 20'$  y  $19^{\circ} 20'$  N y  $114^{\circ} 50'$  W, entre 350 y 650 km al sur-suroeste de la región de Los Cabos, BCS y a unos 580 km al oeste de Colima. El Archipiélago consiste de cuatro islas oceánicas de origen volcánico: Socorro o Santo Tomás, Clarión o Santa Rosa, San Benedicto o Anublada y Roca Partida (Figura 5). Estas islas habían estado deshabitadas desde su descubrimiento hasta 1957 cuando se estableció una zona naval permanente en la Isla Socorro y dos años después en la Isla Clarión. Actualmente, la población de la Isla es de aproximadamente 100 activos de personal naval de la Armada de México.

La Isla Socorro se localiza en las coordenadas  $18^{\circ} 20'$  N y  $110^{\circ} 57'$  W a unos 480 km al sur de la Península de Baja California Sur y a 716 km al oeste de Manzanillo, Colima. La superficie de la isla es de aproximadamente  $210 \text{ km}^2$  con una altitud máxima de 1130 metros sobre el nivel del mar (mnsn) en el pico del Monte Everman. Presenta una forma en general rómbica y su topografía es muy accidentada con cerros y elevaciones medias en donde destacan algunas planicies, cañadas y corrientes de lava volcánica que descienden hasta el mar formando acantilados de hasta 40 m de alto. La isla tiene una longitud aproximada de 16 km de norte a sur y 11 km de este a oeste. Su plataforma continental es muy estrecha, alcanzando los 100 m de profundidad a una distancia de 1 milla náutica y de 200 m a 2 millas náuticas (Figura 6).

La Isla Clarión se encuentra en las coordenadas  $18^{\circ} 21'$  N y  $114^{\circ} 44'$  W a unas 214 millas náuticas al oeste de la Isla Socorro. Su forma aparenta un cuadrilátero de tierra, limitado por acantilados de hasta 200 m de altura con un eje mayor de este a oeste de 5 millas por 2 de ancho de norte a sur. Las profundidades al sur de la Isla Clarión van de 36 metros a media milla de la playa, aumentando a 90 m a 1 milla de la misma.

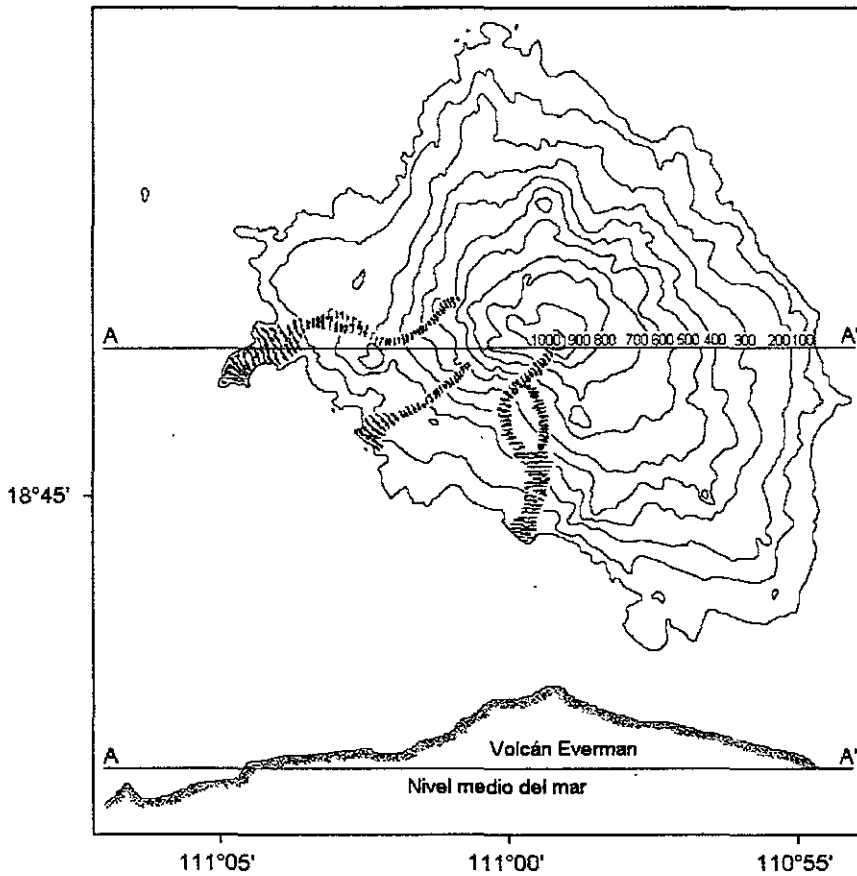


Figura 6. Curvas de nivel en la Isla Socorro indicadas en metros y perfil topográfico de la parte media. Modificado de la Secretaría de Marina (1993).

La Isla San Benedicto se encuentra en los 19°20' N y 110° 40' W a 32 millas al NNE de la Isla Socorro. Es una plataforma angosta rodeada de acantilados y lava, presenta una forma irregular con aproximadamente 3 millas de largo y  $\frac{3}{4}$  de milla de ancho. La Isla Roca Partida es propiamente un islote que se ubica en las coordenadas 18° 59' N y 112° 04' W, a 67 millas al NW de la Isla Socorro. Tiene una extensión de 90 m de longitud, 45 de ancho y 35 de altura.

Las Islas Revillagigedo se localizan en la frontera de dos sistemas de corrientes: La Corrientes de California y Norecuatorial y por otro lado la Contracorriente Ecuatorial. Lo

anterior le confiere a la zona una variabilidad oceanográfica mayor a otras localidades tropicales. De acuerdo con los patrones de interacción de las corrientes y masas de agua de estos sistemas, así como con las variaciones de los parámetros físico-químicos asociados, las Islas Revillagigedo se encuentran la mayor parte del año en la zona de transición oceanográfica del Pacífico norte. La temperatura mensual del mar muestra los valores más bajos en los meses de febrero a abril (23.5 a 24.5 °C) y los mayores durante agosto a octubre (27.5 a 28.5 °C). Asimismo, existen diferencias en las temperaturas de diferentes profundidades con la de la superficie y esta diferencia es mayor durante los meses de septiembre a diciembre.

A partir de marzo se presenta la masa de agua proveniente de la Corriente de California, superpuesta al agua del Pacífico tropical oriental quedando conformado un perfil de salinidad que presenta valores superficiales máximos. Para el mes de mayo, tanto la temperatura como la salinidad superficiales se han incrementado ligeramente, en septiembre la salinidad disminuye en varias décimas y la temperatura aumenta de 24 a 28 °C. Durante octubre el perfil es netamente tropical debido a la homogenización de las capas de agua así como a la gran influencia del agua del Pacífico tropical oriental, dicha condición continúa hasta diciembre sólo con pequeños cambios en la temperatura y salinidad debido a la intensificación y posterior retirada de la influencia del agua tropical. Es posible que durante esta parte del año interactúen en la zona aguas del Pacífico subtropical y del Golfo de California. El ciclo se cierra durante diciembre y enero, meses en donde la Corriente de California comienza a influir de nueva cuenta. En general, las variaciones estacionales en las aguas de las Islas Revillagigedo parecen estar determinadas por la influencia alternada de la Corriente de California (durante el invierno, con aguas menos salinas y más frías) y la corriente Norecuatorial (durante el verano con la condición contraria). El resto del año corresponde a una transición entre ambos estados. La variación interanual del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur no parece tener un marcado efecto en las inmediaciones de las Islas Revillagigedo (Medina 1978; Campos Ramos 1989; Llinas-Gutierrez et al. 1993; Lluch-Cota et al. 1994; Ortega y Castellanos 1994).

## Bahía de Banderas.

La Bahía de Banderas es una de las más grandes en el litoral mexicano. Tiene una extensión en su boca de 23.4 millas náuticas, un ancho medio norte-sur de 15.6 millas, un ancho máximo de 17 millas y una longitud este-oeste de 21 millas. Se ubica en las coordenadas 20° 15' a 20° 47' N y entre los meridianos 105° 15' y 105° 42' W. La bahía se delimita al norte por Punta Mita, Nay., al sur por Cabo Corrientes, Jal., y al este por la línea de costa de Puerto Vallarta, Jal. Entre Punta de Mita y Cabo Corrientes hay una distancia de 23.4 millas. Fuera de la bahía se encuentra el Archipiélago de las Islas Marietas que consta de dos pequeñas islas, tres islotes y un par de rocas situadas en la entrada norte de la bahía. La costa norte tiene una longitud aproximada de 13 millas desde Punta Mita hasta Bucerías, la costa oriental mide aproximadamente 21 millas desde Bucerías hasta la Boca de Tomatlán y la costa sur es más extensa con 28 millas desde la Boca de Tomatlán hasta Cabo Corrientes. El área total de la Bahía se ha calculado varias veces siendo de aproximadamente 987 km<sup>2</sup>.

La bahía se divide casi a la mitad por la isobata de los 200 m que cruza delimitando una porción norte somera y una porción sur de aguas profundas. En esta última, la profundidad se incrementa gradualmente hacia el sureste hasta alcanzar un máximo en la fosa localizada frente a las costas de Quimixto y Yelapa con poco más de 1,400 m. El cambio en la profundidad en la mayor parte de la costa sur es abrupto, se pueden encontrar profundidades de 1,200 m a una distancia de apenas 0.25 millas de la costa.

El ancho de la plataforma continental en la boca del Golfo de California, desde Mazatlán hasta Punta Mita, es en promedio de 18 millas, habiendo una ampliación a las Islas Marías e Isabel en la que la plataforma continental se extiende hasta 55 millas de la costa. Al sur de Punta Mita la plataforma termina a las 7.5 millas y hacia el este y dentro de la bahía la plataforma se angosta paulatinamente teniendo un promedio de 4.5 millas desde la Cruz de Huanacaxtle hasta Puerto Vallarta. En la costa sur la plataforma se vuelve más angosta, frente a Mismaloya es de 3 millas y frente a Cabo Corrientes de

1.5 millas. Hacia el sur de Cabo Corrientes la plataforma continental se extiende en promedio 6 millas.

La Bahía de Banderas pertenece a la provincia oceanográfica denominada Boca del Golfo de California. Esta es una zona de transición importante por presentar una estructura termohalina muy complicada, caracterizada por frentes, remolinos e intrusiones que pueden estar ligados a la confluencia de tres distintas masas de agua: el flujo saliente del Golfo de California que acarrea agua caliente y de alta salinidad (18 °C y 35 ‰) hacia el sur, la corriente de California que transporta agua fría y de baja salinidad (15 a 20 °C y 33.6‰) hacia el sureste y la corriente costera de Costa Rica que transporta agua caliente y de baja salinidad (26 °C y 34.6‰) hacia el noreste.

El patrón de circulación de estas corrientes se relaciona con la presencia de los vientos locales, los cuales tienen una dirección norte a sur durante el invierno y de sur a norte en el verano. También la topografía tiene un papel importante en la circulación y el afloramiento de las aguas del fondo. Durante enero y febrero la Corriente de California llega a tocar la entrada del Golfo de California en el extremo occidental, mientras que la Corriente del Golfo de California muestra un pequeño flujo hacia el exterior de tal manera que se mezcla con la primera. En marzo la Corriente del Golfo obtiene gran fuerza debido al empuje del viento llegando incluso a tener influencia en el Golfo de Tehuantepec. Durante el mes de abril este flujo desciende y en la entrada del Golfo no existe ingreso de otras masas de agua. En mayo comienza a producirse un gran cambio, un pequeño flujo originario del sur del Pacífico que llega de la Corriente Costera de Costa Rica penetra en el Golfo de California al mismo tiempo que por el lado oriental existe salida de agua. Durante todo el mes de Junio esta situación permanece sin detectarse la presencia de la Corriente de California mientras que la Corriente de Costa Rica se introduce cada vez más alcanzando durante julio su máxima influencia en el Golfo. Durante este mismo mes la dirección de los vientos locales cambia provocando un gran empuje que mueve las masas de agua de la Corriente Norecuatorial que a su vez desplazan a la Corriente Costera de Costa Rica, lo que disminuye su fuerza hasta que desaparece durante agosto. Durante agosto y septiembre la Corriente Norecuatorial se

interna en el Golfo lo cual puede ocurrir hasta octubre pero con poca intensidad. En octubre se registra un estado de calma en el patrón superficial de las corrientes. Es en noviembre en donde existe una gran cantidad de cambios con la Corriente del Golfo de California comenzando a intensificarse en la parte norte y moverse hacia el Pacífico, incluso hasta diciembre.

La influencia de las corrientes del Pacífico Oriental Tropical en la Bahía de Banderas se manifiesta a lo largo del año con la variación de la temperatura superficial del mar. Durante el invierno la temperatura superficial promedio del agua es de 23.7 °C, durante la primavera de 26.7 °C, de 27 °C en el verano y de 26.9 °C durante el otoño (Anónimo 1957 en Ladrón de Guevara Porras 1995; Roden y Emilsson 1980; Salinas Zacarías y Bourillón Moreno 1988, Cano y Tovilla 1991; Figura 7).

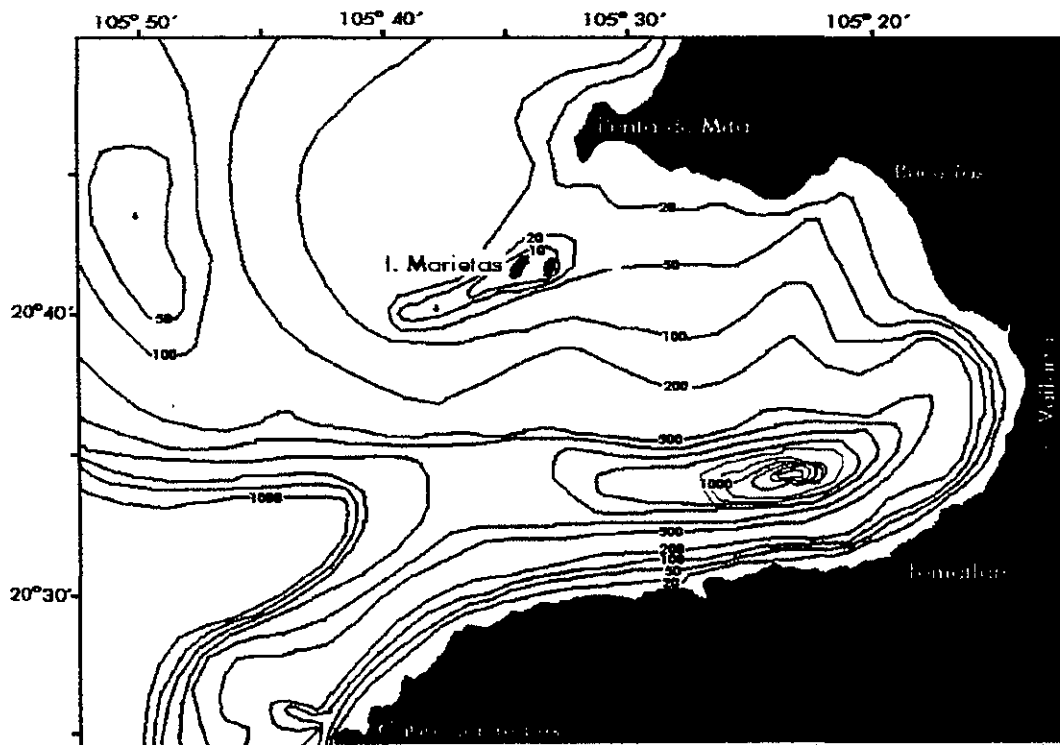


Figura 7. Bahía de Banderas, se muestra la profundidad en metros. Tomado de Ladrón de Guevara Porras (1995).

## El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur

El término ENOS (EL Niño-Oscilación del Sur) o ENSO en inglés se refiere al sistema climático que comprende dos extremos anómalos en la temperatura superficial del mar durante la Oscilación del Sur con un evento caliente (El Niño) y una fase fría (La Niña). El estado de la Oscilación del Sur se define con un índice basado en la diferencia en la presión barométrica entre el Puerto Darwin, Australia, un sistema de baja presión y Tahití en el Pacífico Sur, un sistema de alta presión. Cada evento ENOS difiere notoriamente de un patrón promedio existiendo clasificaciones que toman en cuenta su intensidad por medio de valores numéricos y la extensión geográfica que abarca. El fenómeno de El Niño se refiere a un calentamiento anómalo del agua superficial del Pacífico ecuatorial. Estos eventos se producen con intervalos irregulares de 2 a 7 años con promedio de 3.5 años y una duración de entre 12 y 18 meses. La contraparte de El Niño es la fase fría denominada La Niña que trae consigo anomalías negativas en la temperatura superficial del Pacífico Tropical centro-este. Este fenómeno provoca eventos climáticos contrarios a los de El Niño. El clima durante los eventos de El Niño tiende a ser anómalo con una mayor cantidad de precipitaciones y de huracanes pero existe una gran variación en el clima regional entre diferentes años de El Niño. El periodo entre un evento de El Niño y uno de La Niña es también muy variable (Ramage 1986; Magaña et al. 1998; Massons y Camps 1998; Sánchez 1999).

## MÉTODOS

### Trabajo de campo y registro de datos.

Este trabajo se basó en la información sobre reproducción de ballenas jorobadas de México obtenida de 1986 a 1998. Se incluyen datos de la región de las Islas Revillagigedo (principalmente de la isla Socorro y Clarión) visitada por personal de la Facultad de Ciencias UNAM y de las Universidades de Humboldt y Michigan; de la Bahía de Banderas estudiada por personal de la Facultad de Ciencias UNAM y de la zona de Los Cabos estudiada por personal de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Se incluye la información previamente integrada por Salas Rodarte (1993) habiendo participación del autor en labores de campo desde 1997. Las fotografías obtenidas en la región de Los Cabos se excluyeron del análisis debido a que la observación de hembras con cría fue poco sistemática (Tabla 3). Para la región de Revillagigedo no existe esfuerzo en los años 1993 y 1994 y para esos mismos años el esfuerzo en la Bahía de Banderas fue escaso.

Se navegó en embarcaciones menores con motor fuera de borda desde las cuales se hicieron observaciones de cetáceos siguiendo los protocolos descritos por Ladrón de Guevara Porras (1995). En cada avistamiento de mamíferos marinos se registró: la especie, fecha, hora, posición, tipo y tamaño de la agrupación, comentarios sobre conducta, asociaciones con otras especies, estado del mar y temperatura superficial del agua. Las ballenas jorobadas se identificaron individualmente mediante fotografías de su aleta dorsal y de la parte ventral de su aleta caudal utilizando cámaras reflex de 35 mm con lentes zoom y película blanco y negro 400 ASA (Katona et al. 1979; Katona y Whitehead 1981; Álvarez Flores 1987; Ladrón de Guevara Porras 1995). Además de los datos básicos de observación y de las fotografías, se registró la presencia de crías en las agrupaciones y la identidad del animal que por su conducta parecía ser su madre. Los datos de las observaciones y fotografías se registraron en libretas de campo durante la navegación y luego en formas en las que se estableció la identidad y relaciones de los datos. La información de las formas se capturó finalmente en bases de datos.



Con las fotografías obtenidas se realizaron comparaciones con todos los catálogos existentes en el Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Facultad de Ciencias UNAM agregándose aquellas ballenas no identificadas en temporadas anteriores. Las ballenas identificadas como hembras, por su asociación con una cría, se agregaron al catálogo existente de hembras (Salas Rodarte 1993). En este catálogo a cada hembra se le asignó un número de identificación el cual consistió de la letra H que significa que se trata de una hembra, la letra M que indica que el animal se identificó en México y luego la letra de la zona de reproducción en México en donde se identificó por primera vez, siendo B para Bahía Banderas, R para Islas Revillagigedo, y P para la Península de Baja California. A este conjunto de letras le sigue un número serial de identificación. Con las fotografías de las hembras se obtuvieron sus historias reproductivas lo cual incluye la región en donde se han avistado, el año y la presencia o ausencia de cría en ese año.

#### Análisis de datos.

Se analizó la distribución de las hembras con cría y se comparó con la distribución de machos y hembras juveniles y adultos en función de la temperatura superficial del mar utilizando las formulaciones de Medrano-González et al. (2000) y los datos de temperatura recopilados por Ladrón de Guevara (2001) del Climate Diagnostic Center, NOAA. Se calcularon las tasas de nacimiento por medio del número de crías por hembra madura por año y por medio del porcentaje de crías en la población. Para esto se realizó un análisis de la identificación fotográfica de los individuos diferentes entre años y áreas. A la tasa de nacimiento determinada de esta forma se le denominó tasa de natalidad por fotoidentificación (NacF). Igualmente, se examinó una tasa de nacimiento basada sólo en la abundancia de animales avistados a través de los años y en las diferentes regiones a la cual se denominó tasa de natalidad por avistamiento (NacA). La definición de ambas tasas es la siguiente:

$$\text{NacF\%} = 100 * \text{Total de crías identificadas} / \text{total de animales identificados}$$

$$\text{NacA\%} = 100 * \text{Total de crías avistadas} / \text{total de animales avistados}$$

Se compararon las tasas de natalidad, se examinó la variación espacio-temporal de la tasa de nacimiento y si ésta dependía de las interacciones entre machos y hembras en el invierno anterior. Para ello, se examinaron las estimaciones de la abundancia de machos, hembras no parturientas y hembras con cría desarrolladas por Medrano-González et al. (2000) y examinadas por Ladrón de Guevara Porras (2001). Debido a que para la mayoría de las hembras no existen avistamientos de años continuos, se infirieron los intervalos mínimos de nacimientos a partir de sus historias de identificación y observación con o sin cría. En la Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo se examinó la variación espacio-temporal de los intervalos de reproducción de las hembras mediante una prueba de *t*.

A cada una de las hembras identificadas fotográficamente se le asignó un área habitual de reproducción usando como criterio el número de veces que ha sido avistada en una misma región y la región en donde fue identificada por primera vez. Con la asignación de área habitual y con las historias reproductivas se obtuvo el número de hembras que cambiaron, en diferentes años, de área habitual de reproducción y si en ese cambio tenían o no cría. La significancia estadística de la comparación se determinó mediante la prueba de  $\chi^2$ .

## RESULTADOS

De 1986 a 1998 se navegó un total de 4765 horas en la Bahía de Banderas, la región de Los Cabos y alrededor de las Islas Revillagigedo fotoidentificándose a poco más de 2000 individuos (Tablas 1 – 3). Se identificaron 72 hembras de ballenas jorobadas que en alguna ocasión tuvieron cría, 36 en las Islas Revillagigedo y 36 en la Bahía de Banderas. De las hembras identificadas en la Bahía Banderas 31 se identificaron por su aleta dorsal y las 5 restantes por su aleta dorsal y caudal, mientras que para Revillagigedo 15 se identificaron por su aleta dorsal y caudal y 21 sólo por su aleta dorsal. Debido a que en la región de Los Cabos, el registro de hembras con cría en esta zona se llevó a cabo de manera poco sistemática, esta zona se excluye de la mayoría de los análisis.

### Abundancia de hembras con cría y temperatura superficial del mar.

Como describió Dawbin (1966), las ballenas jorobadas prefieren una temperatura del agua cercana a los 25 °C y eso se confirma en el presente trabajo. Se observa además que las hembras con cría se distribuyen en un intervalo de temperatura más estrecho en comparación al de los machos adultos y juveniles y las hembras no parturientas. En estas últimas clases puede notarse incluso cierta preferencia por aguas entre 22 y 23°C y menor tolerancia a temperaturas superiores a los 25 °C. Esto último se observa en la costa pacífica mexicana en donde pueden observarse variaciones grandes de la temperatura superficial del mar. En la Isla Socorro, la temperatura del agua varía mucho menos que en la costa continental y en esta región la preferencia de las ballenas por valores cercanos a 25 °C está mejor definida (Tabla 4; Ladrón de Guevara Porras 2001).

Tabla 1. Esfuerzo de navegación (Nav, horas) y número de ballenas jorobadas adultas (# ids) y crías (# crías) identificadas en la Bahía de Banderas y en las Islas Revillagigedo de 1986 a 1998.

Año	Bahía de Banderas			Revillagigedo			Total		
	Nav (h)	# Ids.	# crías	Nav (h)	# Ids.	# crías	Nav (h)	# ids.	# crías
1986	--	18	0	63.70	26	10	63.70	44	10
1987	18.58	10	1	85.95	41	5	104.53	51	6
1988	30.61	7	1	175.86	73	8	206.48	80	9
1989	78.63	7	2	257.73	55	10	336.36	62	12
1990	239.13	126	9	230.60	48	15	469.73	174	24
1991	119.83	12	4	633.72	118	25	753.55	130	29
1992	168.1	34	5	77.07	36	5	245.17	70	10
1993	40.62	7	3	--	--	--	40.62	7	3
1994	23.62	9	1	--	--	--	23.62	9	1
1995	19.03	8	3	141.95	59	12	160.98	67	15
1996	199.50	23	3	321.62	142	24	521.12	165	27
1997	17.16	6	4	582.51	141	32	599.68	147	36
1998	98.13	11	8	269.5	92	25	367.63	103	33
<b>Total</b>	<b>1052.94</b>	<b>278</b>	<b>44</b>	<b>2840.21</b>	<b>831</b>	<b>171</b>	<b>3893.15</b>	<b>1109</b>	<b>215</b>

Tabla 2. Número de ballenas jorobadas adultas (# Ind.) y de crías (# crías) avistadas en la Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo de 1986 a 1998.

Año	Bahía de Banderas			Revillagigedo			Total		
	Nav (h)	# Ind.	# crías	Nav (h)	# Ind.	# crías	Nav (h)	# ind.	# crías
1986	--	21	0	63.70	80	12	63.70	101	12
1987	18.58	31	1	85.95	58	10	104.53	89	11
1988	30.61	10	1	175.86	92	8	206.48	102	9
1989	78.63	205	7	257.73	300	26	336.36	505	33
1990	239.13	218	9	230.60	262	20	469.73	480	29
1991	119.83	108	8	633.72	1186	163	753.55	1294	171
1992	168.1	171	12	77.07	124	10	245.17	295	22
1993	40.62	39	3	--	--	--	40.62	39	3
1994	23.62	23	1	--	--	--	23.62	23	1
1995	19.03	25	3	141.95	258	25	160.98	283	28
1996	199.50	221	9	321.62	581	70	521.12	802	79
1997	17.16	18	7	582.51	886	71	599.68	904	78
1998	98.13	88	16	269.5	421	55	367.63	509	71
<b>Total</b>	<b>1052.94</b>	<b>1178</b>	<b>77</b>	<b>2840.21</b>	<b>4248</b>	<b>470</b>	<b>3893.15</b>	<b>5426</b>	<b>547</b>

Tabla 3. Esfuerzo de Navegación (Nav, horas) y número de ballenas jorobadas adultas (# lds) y crías (# crías) identificadas en la región de Los Cabos de 1986 a 1998.

Los Cabos			
Año	Nav (h)	# lds	# Crías
1986	-	3	0
1987	-	10	0
1988	-	54	0
1989	195.04	31	0
1990	148.93	54	3
1991	220.71	88	4
1992	259.43	134	14
1993	-	77	4
1994	-	65	1
1995	-	17	0
1996	34.12	115	0
1997	0	0	0
1998	14.30	3	1
Total	872.53	651	27

Tabla 4. Distribución de la abundancia de los rorcuales jorobados en la Bahía de Banderas (BB, rojo, n=63 semanas) y la Isla Socorro (IS, azul, n=86 semanas) de acuerdo a la temperatura superficial del mar (TSM, °C) entre 1989 y 1999. Las barras de incertidumbre muestran la desviación estándar. Datos de Ladrón de Guevara Porras (2001), Medrano González *et al.* (2000) y Robles Saavedra (en proceso).

Distribución		Promedio	Mediana	Moda	Desviación	Asimetría	Curtosis
	Machos						
	BB	23.6	22.7	22.7	1.62	0.60	-0.84
	IS	24.7	24.8	25.2	0.60	-0.22	-1.28
	Hembras						
	BB	23.4	22.7	22.7	1.61	0.74	-0.58
	IS	24.7	24.8	24.2	0.63	0.02	-1.37
Hembras c/c							
BB	24.3	24.5	25.3	0.95	-0.23	-1.40	
IS	24.7	24.8	25.2	0.58	-0.33	-1.19	

## Tasas de nacimiento: comparación entre NacF y NacA.

Debido a que hay años en donde el esfuerzo de fotoidentificación fue poco y a la dificultad para fotoidentificar a las crías, la tasa de nacimiento estimada por fotoidentificación puede estar sobrestimada. Por ello, se decidió también examinar una tasa de nacimiento calculada con índices de abundancia de avistamiento de crías y adultos en donde los errores de abundancia por reavistamiento se anularan. Tanto para la Bahía de Banderas como para Revillagigedo se observa entonces que la tasa de nacimiento por fotoidentificación (NacF) es considerablemente mayor a la tasa obtenida por avistamiento (NacA; Tabla 5), lo cual es parecido a lo reportado por Steiger y Calambokidis (2000) en donde el promedio de la tasa de reproducción con crías fotoidentificadas es mayor (4.1%) que con crías avistadas (3.6%). Por la fragmentación de los datos en Los Cabos, no pueden obtenerse las tasas de nacimiento para todos los años estudiados. Tomando en cuenta sólo aquellos años en donde se registraron crías ambas tasas (NacA y NacF) se muestran muy parecidas con valores de 6.8% y 6.4% respectivamente (Tabla 6).

El límite inferior en la tasa por fotoidentificación para las regiones de Bahía de Banderas y Revillagigedo combinadas ocurrió en 1988 con un valor de 11.2%, mientras que para la tasa por avistamiento fue en 1990 con un valor de 6.0%. Los límites máximos para ambas tasas ocurren en 1998 con un valor de 32.0% para la de fotoidentificación y de 13.9% para la de avistamiento. Los valores totales de las tasas de nacimiento, para la Bahía de Banderas son de 15.8% para NacF y de 6.5% para NacA, mientras que para Revillagigedo son de 20.6% para NacF y de 11.1% para NacA (Tabla 5). La relación entre ambas tasas de nacimiento (NacA y NacF) no muestra ningún patrón lo que sugiere que la tasa de reavistamiento de adultos y crías es variable en tiempo y espacio. Para tener noción de las diferencias en la tasa de reavistamiento de adultos y crías puede estimarse un índice de reavistaje (R) de ambas clases de animales como:

$$R = (n_A - n_F) / n_A$$

Donde  $n_A$  es el número de animales (adultos o crías) avistados y  $n_F$  el número de fotoidentificados. Debe tenerse en cuenta que esta tasa de reavistamiento no es la tasa intrínseca a los animales sino el producto neto de dicha tasa y de cómo se distribuye el esfuerzo de fotoidentificación en adultos y crías. En los primeros, se fotoidentifica una fracción pequeña de los animales avistados de tal manera que muchos de los supuestos reavistamientos definidos por la diferencia  $N_A - N_F$  son en realidad animales no fotoidentificados. Aparte, casi todos los reavistamientos de crías son reales, es decir, la tasa de reavistamiento es cercana a la tasa real intrínseca a las crías. Puede observarse que el índice de reavistamiento de los adultos es mayor que el de las crías (Figura 9) y que por lo tanto la tasa  $NacF$  está sobrestimada como producto de diferencias en la reavistabilidad de adultos y crías y seguramente más porque el esfuerzo de identificación relativo a los avistamientos de adultos y crías es distinto.

Por lo anterior, se examinó la relación de las tasas de nacimiento, con el cociente  $NacA/NacF$ , en función del esfuerzo de fotoidentificación relativo a los avistamientos, con el cociente  $n_{adF}/n_{adA}$ , en donde el subíndice ad se refiere a los adultos (Figura 10). El esfuerzo de fotoidentificación relativo de las crías fue alto así que el cociente  $n_{adF}/n_{adA}$  debe explicar las diferencias entre  $NacA$  y  $NacF$ . Como se supuso, se observó que al crecer el cociente  $n_{adF}/n_{adA}$  el cociente  $NacA/NacF$  también se acercó a 1 e incluso hay un caso en que se supera. No fueron claras las diferencias entre la Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo y parece que los valores de ambas conforman una sola relación. Un modelo inicial de dicha relación es la saturación exponencial que se expresa como sigue:

$$NacA/NacF = 1 - \exp(-a n_{adF}/n_{adA})$$

En donde el coeficiente  $a = 2.8 \pm 0.4$  de acuerdo a un ajuste por el método de mínimos cuadrados (Figura 10). En este modelo, cuando  $n_{adF}/n_{adA} = 1$ ,  $NacA/NacF = 0.95$ . Este es un valor que puede considerarse un estimador preliminar de la diferencia intrínseca



de reavistabilidad de adultos y crías. Todo lo anterior sugiere que el esfuerzo de fotoidentificación relativo al número de avistamientos afectó fuertemente la estimación de la tasa de nacimiento. Tanto para la Bahía de Banderas como para las Islas Revillagigedo, la tasa NacF se aproximó a un valor 10 – 12 % anual cuando el esfuerzo relativo de fotoidentificación fue elevado (Figura 10).

Tabla 5. Tasas de nacimiento como porcentaje de crías observadas por identificación fotográfica (NacF) y por avistamiento (NacA), de ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas, las Islas Revillagigedo y en las dos zonas combinadas de 1986 a 1998.

Año	Bahía de Banderas		Revillagigedo		Global	
	NacF (%)	NacA (%)	NacF (%)	NacA (%)	NacF (%)	NacA (%)
1986	0.00	0.00	38.46	15.00	22.72	11.88
1987	10.00	3.22	12.19	17.24	11.76	12.35
1988	14.28	10.00	10.95	8.69	11.25	8.82
1989	28.57	3.41	18.18	8.66	19.35	6.53
1990	7.14	4.12	31.25	7.63	13.79	6.04
1991	33.33	7.40	21.18	13.81	22.30	13.21
1992	14.70	7.01	13.08	8.06	14.28	7.45
1993	42.80	7.69	-	-	42.85	7.69
1994	11.11	4.34	-	-	11.11	4.34
1995	37.50	12.00	20.33	9.68	22.38	9.89
1996	13.11	4.07	16.90	12.04	16.36	9.85
1997	66.66	38.8	22.69	8.01	24.48	8.62
1998	72.72	18.18	27.17	13.06	32.03	13.84
Total	15.82	6.53	20.57	11.06	19.38	10.08

Tabla 6. Tasas de nacimiento obtenidas para la región de Los Cabos, de 1986 a 1999. El total en negritas muestra el valor obtenido tomando en cuenta sólo aquellos años en donde se observaron crías.

Los Cabos.		
Año	NacA (%)	NacF (%)
1986	-	0
1987	-	0
1988	-	0
1989	-	0
1990	-	5.3
1991	-	4.3
1992	-	9.4
1993	-	4.9
1994	-	1.5
1995	-	0
1996	-	0
1997	3.40	-
1998	13.0	25
1999	50	3.98
<b>Total</b>	<b>6.8</b>	<b>-</b>
<b>Total</b>	<b>6.8</b>	<b>6.4</b>

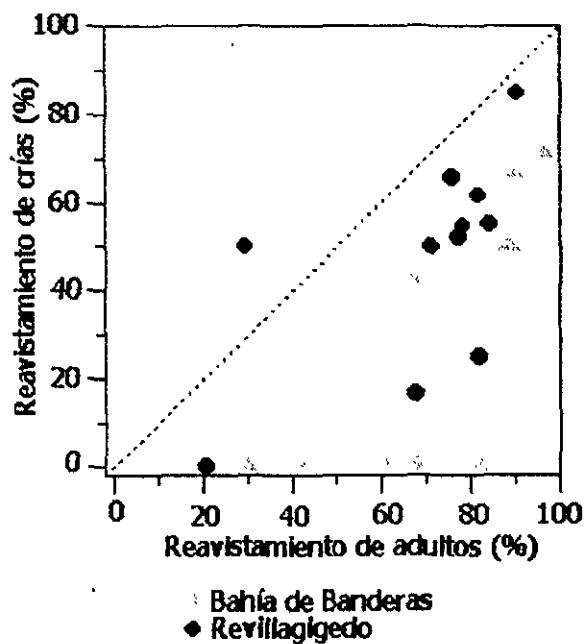


Figura 9. Tasas de reavistamiento de adultos y crías inferidas a partir de las tasas de nacimiento por fotoidentificación y por avistamientos.

## Tasas de nacimiento y número de individuos.

Además del efecto del esfuerzo de fotoidentificación relativo a los avistamientos, se examinó el efecto del esfuerzo absoluto de observación en la determinación de la tasa de nacimiento. En la Figura 11 se observa que la tasa de nacimientos por avistamiento (NacA) se estabiliza con más de 200 individuos avistados tomando un valor cercano a 12%. La tasa de nacimiento por fotoidentificación (NacF) parece estabilizarse con cerca de 150 individuos fotoidentificados tomando valores entre 14 y 19%.

## Tasas de nacimiento por año.

En Revillagigedo se observó un aumento en los últimos tres años en ambas tasas de nacimiento. De igual manera, la Bahía de Banderas mostró en los últimos años un aumento en su tasa de nacimiento por fotoidentificación pero no en la de avistamiento. En la región de los Cabos en ambas tasas de nacimiento también se observó una tendencia a incrementarse en los últimos años (Figura 12). En ninguna de las tres regiones se observa que el incremento en la tasa de nacimiento sea sostenido. Estas irregularidades junto con los sesgos ya descritos en la estimación de la tasa de nacimiento, sugieren un efecto más bien del aumento en la experiencia de la investigación y de la mayor sistematización de las observaciones. Esto no permite determinar ninguna tendencia en la variación temporal de la tasa de nacimiento. Es interesante notar que la variación de NacA es menor a la de NacF reforzando la noción de que la primera es una determinación al menos más precisa y tal vez más exacta.

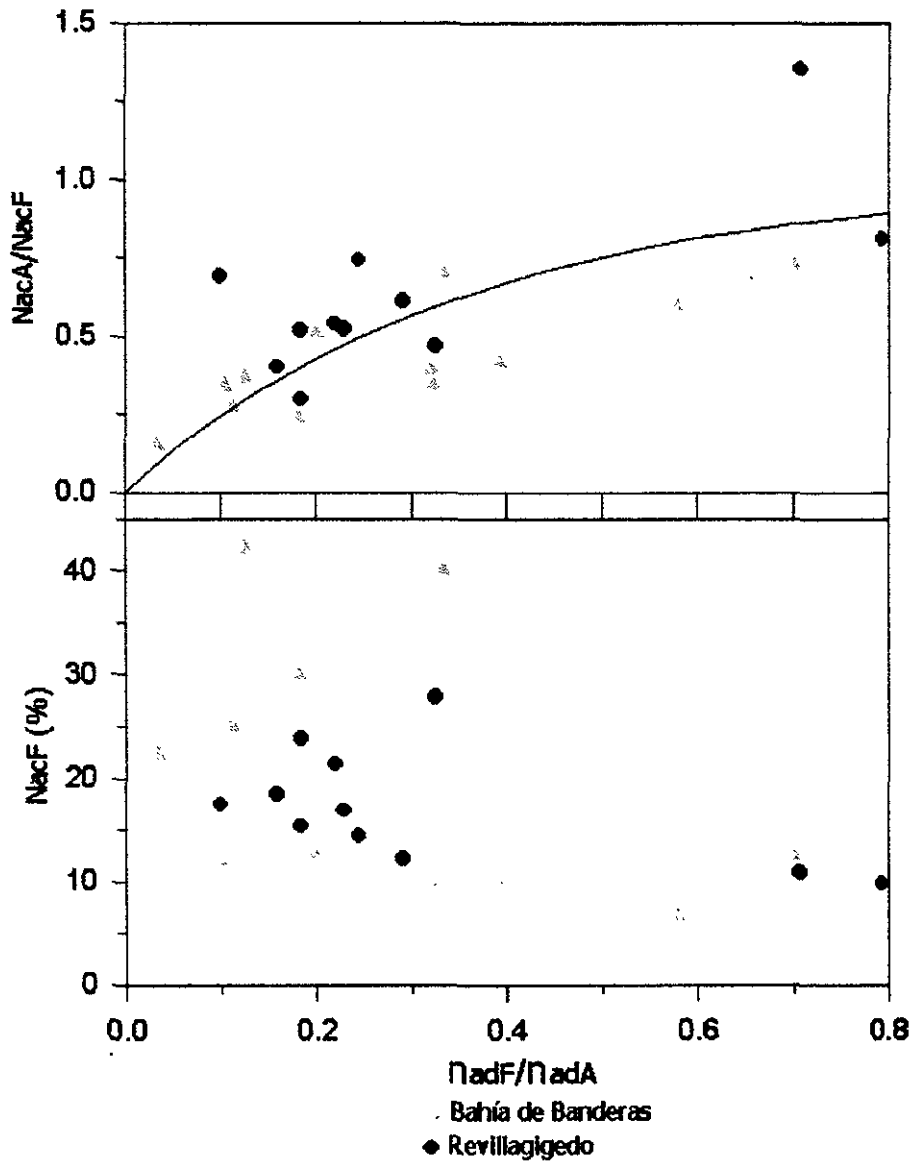


Figura 10. Relación de las tasas de nacimiento por avistamiento ( $N_{acA}$ ) y foto-identificación ( $N_{acF}$ ) con el esfuerzo de foto-identificación relativo al número de avistamientos  $n_{adF}/n_{adA}$ . En la gráfica superior se muestra la curva ajustada al modelo de saturación exponencial.

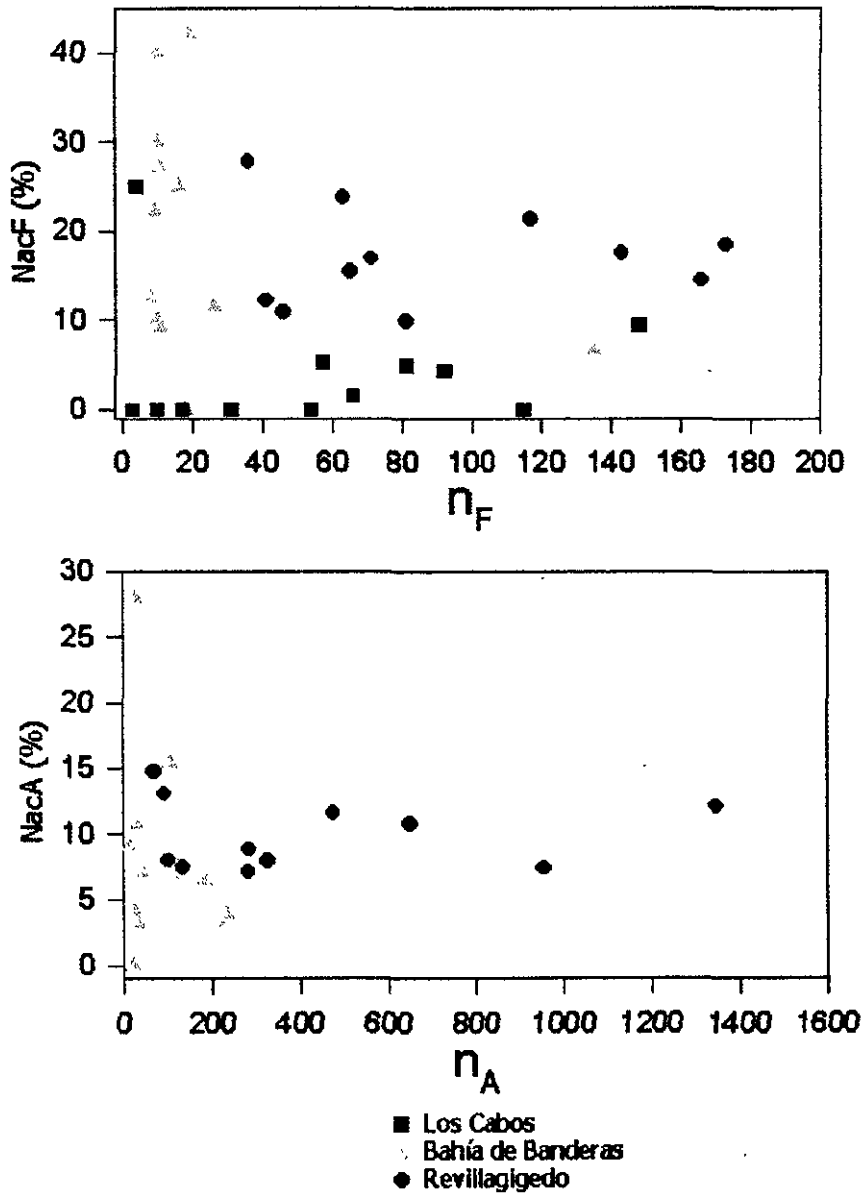


Figura 11. Tasas de nacimiento (NacF y NacA) con relación al número de individuos fotoidentificados ( $n_F$ ) o avistados ( $n_A$ ).

## Tasas de nacimiento por hembra por año.

Con las historias reproductivas de hembras individuales (Tabla 7) asimismo se determinó una tasa de nacimiento por hembra por año. Globalmente de 1985 a 1998 se obtuvo una tasa de 0.57 crías por hembra por año para la Bahía de Banderas y de 0.62 crías por hembra por año para Revillagigedo. En la Bahía de Banderas esta tasa varió de 0.59 crías por hembra por año de 1985 a 1995 a 0.53 crías por hembra por año de 1995 a 1998. En las Islas Revillagigedo la tasa varió de 0.76 crías por hembra por año de 1985 a 1995 a 0.21 crías por hembra por año de 1995 a 1998. Debe mencionarse que la comparación fotográfica en las Islas Revillagigedo no está completa y que eso puede causar la disminución aparente en la tasa de nacimiento al no tener un esfuerzo de fotoidentificación sostenido principalmente en los últimos cinco años. Las tasas de nacimiento por hembra por año en el Pacífico mexicano son parecidas a los valores reportados anteriormente por Craig y Herman (2000) de 0.71 para la isla de Maui y de 0.52 crías por hembra por año para la isla de Hawai y también parecidos a los reportados por Baker et al. (1987) y Perry et al. (1990) para Hawai de 0.58 crías por hembra por año. Baker et al. (1987) consideran que este valor está sobreestimado debido a errores en la identificación de individuos y mencionan como mejor estimador el valor de 0.37 crías por hembra por año obtenido para el sureste de Alaska. Clapham y Mayo (1987b) determinaron para la Bahía de Massachusetts una tasa de nacimiento de 0.43 crías por hembra madura por año. Estas comparaciones sugieren que las tasas de nacimiento tienen una relación inversa con el grado de recuperación de las distintas poblaciones de ballenas jorobadas (National Marine Fisheries Service 1991).

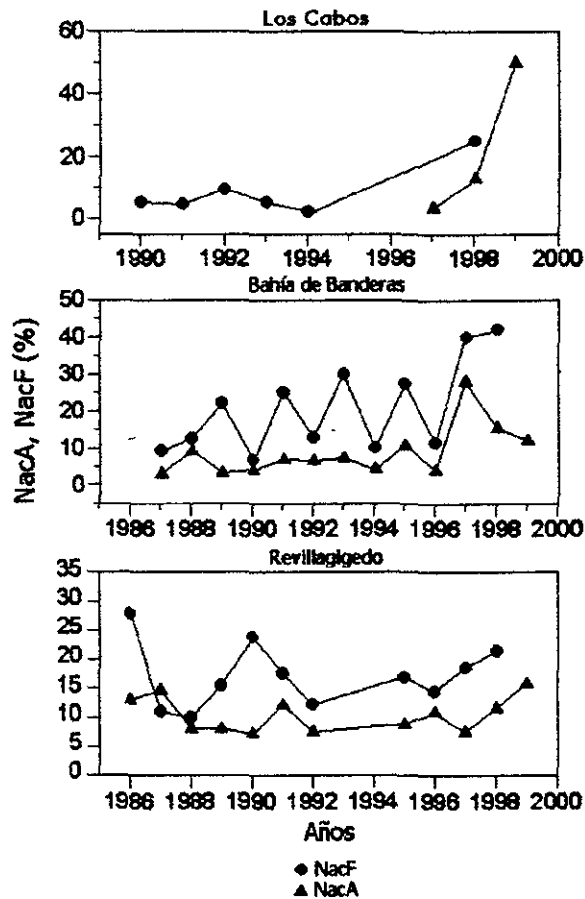


Figura 12. Variación anual de las tasas de nacimiento de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano.

Número de crías con base en la frecuencia de encuentros de hembras y machos del año anterior.

Debido a que se esperaría que la frecuencia de las interacciones entre machos y hembras en áreas de reproducción afecten el número de crías en la población, se analizó la frecuencia de encuentros entre machos y hembras de un año así como la proporción de hembras, por medio de examinar la ocurrencia de agrupaciones

invernales de las ballenas (Medrano-González et al. 2000) y el número de crías observadas al año siguiente por medio de las tasas de nacimiento. Ni para la Bahía de Banderas ni para Revillagigedo existe una relación directa entre la frecuencia de encuentros de machos y hembras o entre la proporción de hembras con la tasa de nacimientos del año siguiente (Figuras 13-16). Esto sugiere que la tasa de nacimiento no está limitada por las interacciones entre los animales relacionadas con la reproducción durante el invierno. La tasa de nacimiento parece depender fundamentalmente de factores ambientales relacionados con la alimentación de las hembras (Chittleborough 1958; Straley et al. 1994).

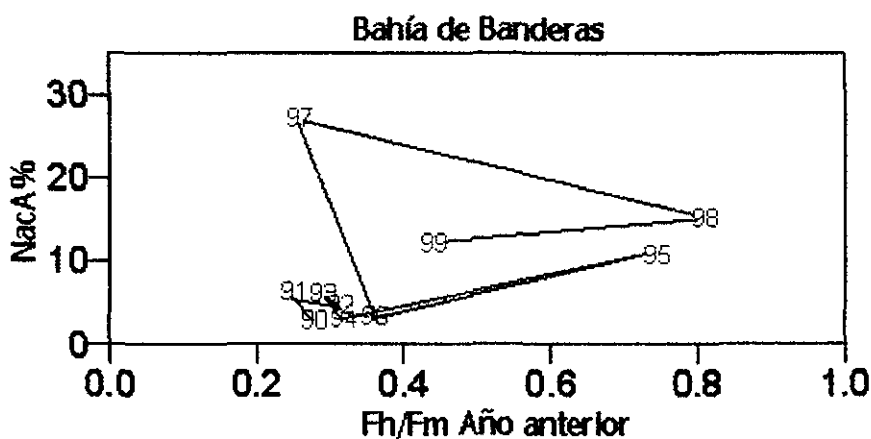


Figura 13. Relación de la tasa de nacimiento por avistamiento (NacA) y la frecuencia de encuentros de machos y hembras del año anterior.



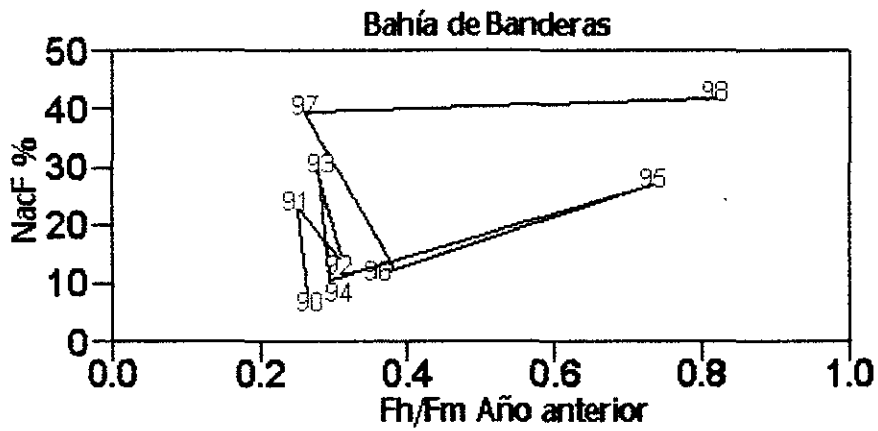


Figura 14. Relación de la tasa de nacimiento por fotoidentificación (NacF) con la frecuencia de encuentros entre machos y hembras del año anterior.

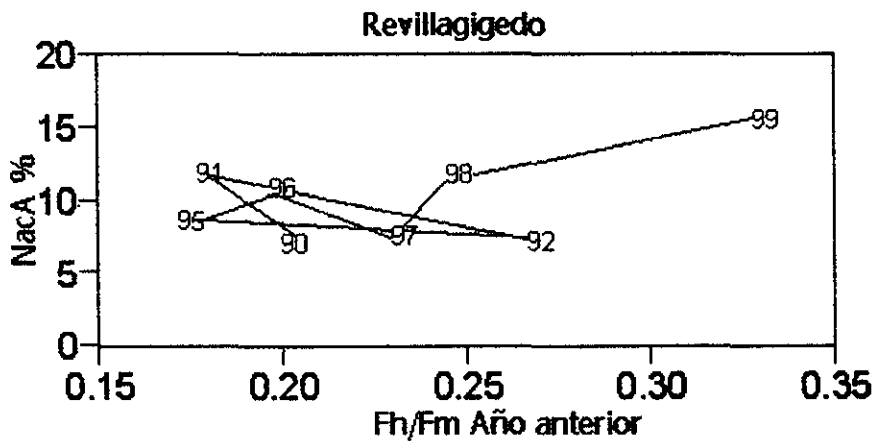


Figura 15. Relación de la tasa de nacimientos por avistamiento (NacA) con la frecuencia de encuentros entre machos y hembras del año anterior.

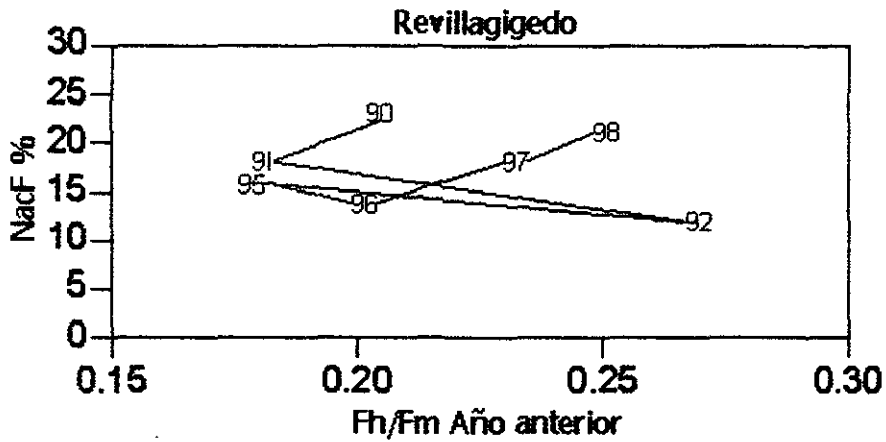


Figura 16. Relación de la tasa de nacimiento por fotoidentificación (NacF) con la frecuencia de encuentros entre machos y hembras del año anterior.

#### Intervalos de reproducción.

De las 72 hembras identificadas para las dos regiones, sólo en 51 pudieron obtenerse intervalos mínimos entre nacimientos (Tabla 7). En la Bahía de Banderas se registraron intervalos de dos y tres años en 22 hembras siendo los de dos años los más frecuentes. En las Islas Revillagigedo se registraron intervalos mínimos entre nacimientos de 29 hembras con duración de uno hasta cinco años siendo también el de dos años el intervalo más frecuente (Tabla 8). Similar a lo reportado en otras regiones (Baker et al. 1987; Clapham y Mayo 1987a; Clapham y Mayo 1990; Perry et al. 1990), en la Bahía de Banderas y en las Islas Revillagigedo el promedio de intervalos mínimos entre nacimientos fue de 2.2 años. Esto sugiere que los intervalos mínimos registrados son cercanos a los intervalos reales.

## Variación temporal de los intervalos de reproducción.

Tanto en la Bahía de Banderas como en las Islas Revillagigedo se observó un ligero aumento en el intervalo promedio entre nacimientos entre antes y después de 1995. En Revillagigedo el incremento medio fue de 0.16 años mientras que en la Bahía de Banderas fue de 0.09 años. El mayor cambio en el intervalo medio en Revillagigedo estuvo relacionado con una disminución considerable en su variabilidad. Básicamente, en Revillagigedo han disminuido los intervalos de un año durante la última década y se han incrementado los de tres o más años resultando en una distribución similar a la de la Bahía de Banderas (Tablas 9, 10).

La prueba de  $t$  no pareada mostró que ninguna de las comparaciones entre las cuatro clases de región y periodo es estadísticamente significativa (Tabla 10). Esto deriva de que el pequeño efecto de diferencia no puede detectarse con significancia estadística con el tamaño de muestra actual. Se realizó entonces un análisis de potencia estadística para determinar el tamaño de muestra necesario para tener confianza estadística en la aparente variación temporal de los intervalos de nacimiento. Se hizo la misma prueba de  $t$  no pareada para duplicaciones de los datos hasta que la probabilidad de error tipo I fue menor a 0.05 (Figura 17). Se observa que para la Bahía de Banderas se requiere registrar aproximadamente 360 intervalos de nacimiento para tener confianza estadística en su incremento posterior a 1995. En contraste, en las Islas Revillagigedo para lo mismo se necesitan aproximadamente 490 intervalos a pesar que el efecto de diferencia temporal es mayor que en la Bahía de Banderas. Esto se debe a la mayor variación en los intervalos de Revillagigedo antes de 1995. El error de tipo I con los datos actuales es  $p=0.66$  para la Bahía de Banderas y  $p=0.60$  para Revillagigedo.

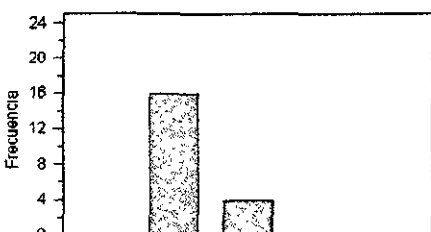

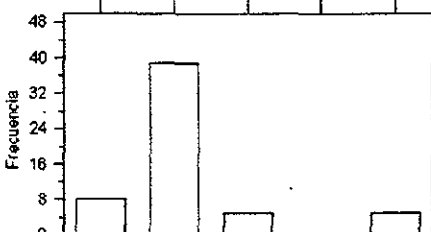
Tabla 7. Historias reproductivas de ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo. Se indica la zona en donde la ballena fue avistada, el número 1 indica la presencia de cría y el cero su ausencia en el año correspondiente. La asignación de zona corresponde a aquella en que más años se ha avistado el individuo y/o al sitio en donde se fotoidentificó por primera vez.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Intervalos mínimos
Bahía de Banderas															
HM85B010	BB-1					BB-0							R-0	BB-0	2,3
HM88B002				BB-1				BB-1							-
HM90B004						BB-1	BB-0	BB-0							3
HM90B005						BB-1					BB-1			BB-0	2
HM90B007						BB-1						BB-0	R-0		3
HM90B009						BB-1							R-0		2
5M90B030						BB-1								BB-1	-
HM91B010						BB-0	BB-1				BB-1	BB-0			2,2
HM91B012	BB-1						BB-1								-
HM91B014							BB-1				BB-0	BB-0	R-1		3
HM91B030							BB-1			BB-1					-
HM92B015								BB-1						BB-1	-
HM92B016						BB-0		BB-1							2
HM92B021								BB-0					BB-0		2,2
HM92B022								BB-1						BB-1	-
HM92B023								BB-1				BB-1	R-0		2
HM96B002												BB-1	R-0	BB-1	2
HM98B001												BB-0		BB-1	2
HM98B002								BB-0				BB-0		BB-1	2,2
2M86I006		BB-1			BB-1										-
HM87R006			R-1					BB-1						BB-0	2
3M91R074						BB-0	R-1			BB-0					2,2

Tabla 7. Continuación.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Intervalos mínimos
Islas Revillagigedo															
3M86R016		R-1		R-1		BB-0	R-1						R-1		2
HM87R004			R-1				R-1								-
4M87R007			R-0				R-1								2
3M87R017			R-1				R-0								2
5M87R018			R-1		R-1	BB-1									1
1M88R006				R-1			R-0					R-0			2,2
HM88R008				R-1	R-1		R-0					BB-1	R-0		1,2,2
HM88R011				R-1			R-1								-
4M88R029				R-1		R-1									-
1M89R010					R-1		BB-0						R-0		2,2
HM89R012					R-1	R-1									1
2M89R021					R-1								R-0		2
2M89R022					R-1	R-0	R-1								2
4M89R054					R-1		BB-0								2
5M89R055					R-1								BB-1		-
4M89R062					R-1								R-0		2
HM90R013						R-1	R-1				BB-0		R-0		1,2,2
HM90R014						R-1	R-1								1
HM90R016						R-1	R-1	BB-0					BB-0		1,2,2
HM90R017						R-1							R-0		2
3M90R055						R-1							BB-1		-
HM91R019							R-1	R-0					R-1		2
HM91R022							R-1	R-0					R-1		2
HM91R023			R-1				R-1								-
HM91R027							R-1						R-0		2
HM92R028			R-0	R-0	R-0	R-0	R-1	R-1					BB-1		1,5
HM92R029								R-1					BB-1		-
5M86R002		R-1	R-1			R-0									1,2
2M87I028			BB-0	R-0	BB-0	R-0	R-1					BB-0	R-0	R-0	2,3,5

Tabla 8. Distribución de intervalos entre partos de las ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo de 1986 a 1998.

	Distribución de intervalos (años)	N	Promedio	Desviación estándar
Bahía de Banderas		20	2.20	0.41
Islas Revillagigedo		37	2.21	1.20
Global		57	2.21	0.99

### Movimientos entre regiones habituales de reproducción.

Para examinar el papel de la filopatría en la reproducción de las hembras, se distinguió si las hembras cambiaron de área habitual y si tuvieron o no cría. Se obtuvo un total de 91 eventos de los cuales hubo cambio de área habitual en el 23% de los casos. Para las hembras que cambiaron de área habitual, en 10 eventos hubieron crías y en 11 eventos no las hubo. La prueba de  $\chi^2$  mostró que no existe ninguna relación estadística entre cambiar de región habitual y el tener o no cría (Tabla 11).

Tabla 9. Variación temporal en los intervalos de reproducción de las ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas (BB) y las Islas Revillagigedo (IR). Las líneas rojas en los diagramas de caja indican el promedio y los círculos los límites de confianza del 95%.

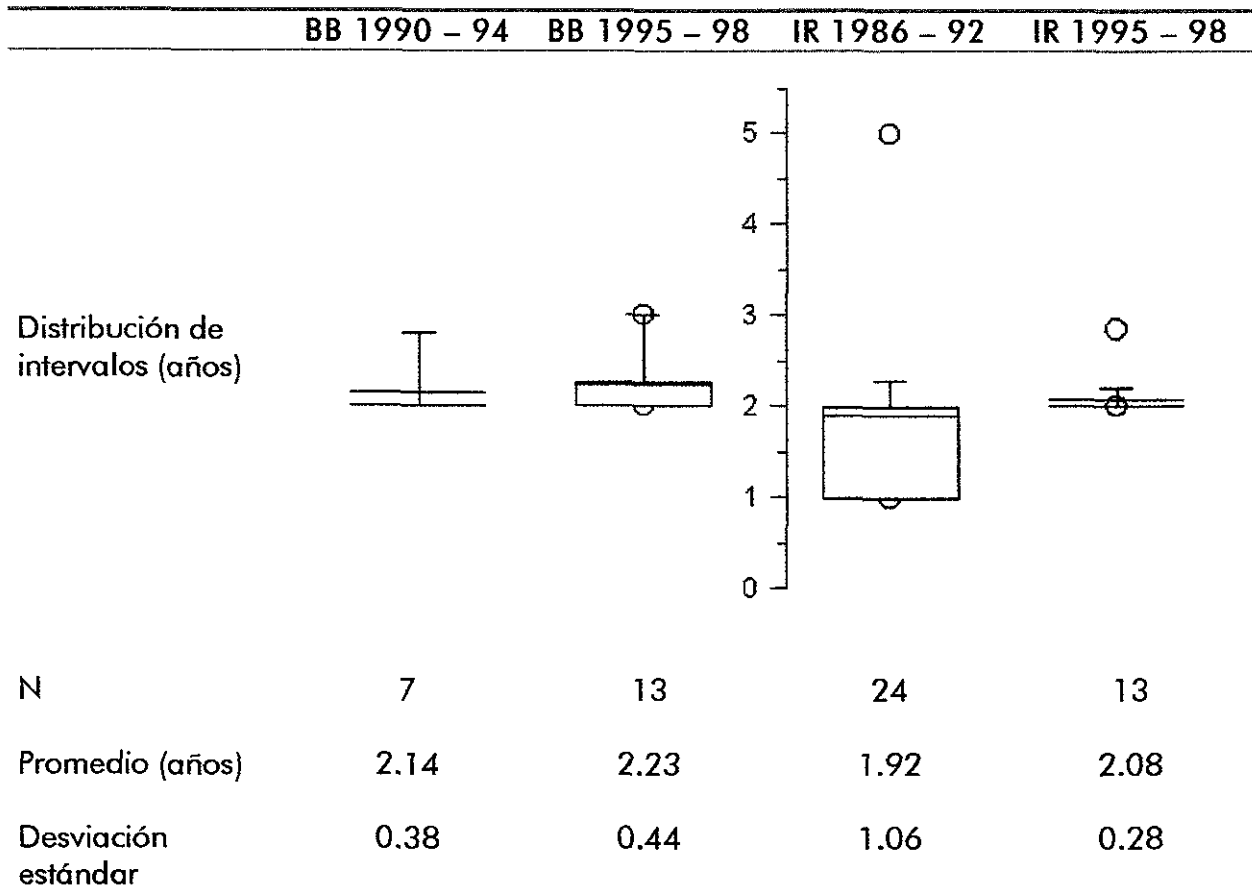


Tabla 10. Prueba de t no pareada para intervalos mínimos entre nacimientos de la Bahía de Banderas (BB) y las Islas Revillagigedo (IR) en distintos periodos. Se indican el error tipo I (p) y los grados de libertad (gl).

	BB 1990-94	BB 1995-98	IR 1986-92	IR 1995-98
BB 1990-94	---	---	---	---
BB 1995-98	p=0.66 gl=18	---	---	---
IR 1986-92	p=0.58 gl=29	p=0.31 gl=35	---	---
IR 1995-98	p=0.66 gl=18	p=0.29 gl=24	p=0.60 gl=35	---

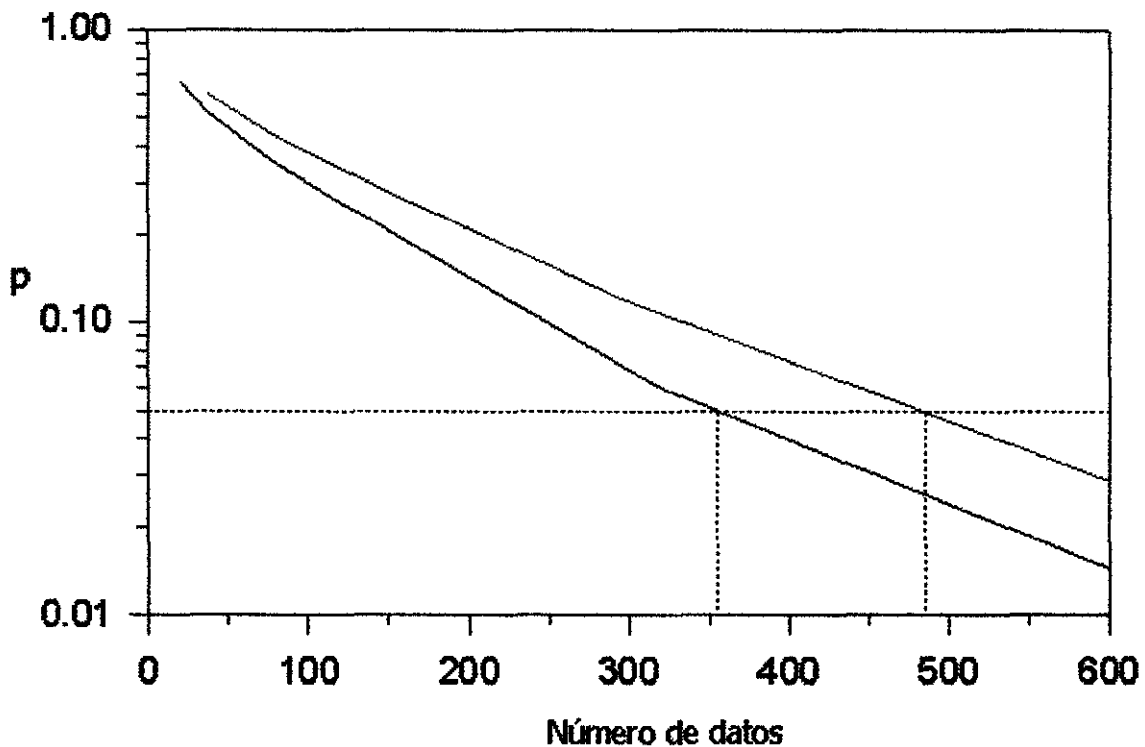


Figura 17. Análisis de potencia estadística para determinar la variación temporal en el intervalo de nacimiento en la Bahía de Banderas (negro) y en las Islas Revillagigedo (rojo) indicada en el Tabla 9. El número de datos se refiere en cada caso a la suma de intervalos antes y después de 1995. Las líneas punteadas indican la interpolación con el valor  $p=0.05$ .

Tabla 11. Relación entre el cambio de zona habitual de invierno y parto de las ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo ( $\chi^2=0.68$ ,  $gl=2$ ).

	Hembra con cría	Hembra sin cría	Total
No cambia	37	33	70
Si cambia	10	11	21
Total	47	44	91



de las ballenas sean muy similares entre las distintas clases de sexo y estado reproductivo.

### Tasas de nacimiento.

Como era de esperarse, el valor determinado de la tasa de nacimiento depende del esfuerzo pero aún más de cómo se distribuye el esfuerzo de fotoidentificación entre los animales avistados. A pesar de parecer más burda, la determinación de la tasa de nacimiento por avistamientos está menos sujeta a sesgos por el esfuerzo y parece más exacta y precisa. Los resultados indican que las tasas de nacimiento por avistamiento y por fotoidentificación se aproximan a un valor de 10-12 % cuando se tiene un esfuerzo uniforme de identificación entre los animales avistados y cuando dicho esfuerzo es al menos de 200 animales fotoidentificados (Figura 11). Al igual que lo reportado por otros autores acerca de que las tasas de nacimiento son mayores en zonas de reproducción que en zonas de alimentación (Baker et al. 1987), las tasas de nacimiento encontradas en el presente trabajo son superiores a las reportadas por Steiger y Calambokidis (2000) para las regiones de alimentación de California, Oregon y Washington. La explicación dada hasta la fecha de lo anterior reside en la mortalidad de crías, probablemente debida a depredación, en la primera migración a zonas de alimentación.

Una tasa de nacimiento anual de 10-12 % es comparable a las tasas encontradas por Craig y Herman (2000) de 9.9% en Maui y 6.1% en Hawaii, así como la reportada por Herman y Antinoya (1977) para Hawaii de 9.1-9.6 %, la de la República Dominicana de 7.8% (Clapham y Mayo 1987b) y la de la zona IV Antártica de 11% (Chittleborough 1965). Si se considera el tamaño poblacional actual de las ballenas jorobadas con respecto al tamaño poblacional prístino, el enlistado anterior de tasas de nacimiento sugiere que éstas son mayores en poblaciones menos recuperadas indicando que la población de ballenas jorobadas del Pacífico nororiental se encuentra en un nivel de recuperación relativamente bajo.

La tasa de nacimiento medida en 0.57 crías por hembra por año en la Bahía de Banderas y 0.62 crías por hembra por año en Revillagigedo es igualmente comparable a la tasa observada en Hawai y Maui de 0.52 y 0.71 crías por hembra por año respectivamente (Craig y Herman 2000), de 0.58 hembras por cría por año en Hawai (Baker et al. 1987; Perry et al. 1990) y en Massachussets de 0.43 crías por hembra por año (Clapham y Mayo 1987a). Tasas de preñez reportadas son de 0.43 fetos por hembra por año en el Atlántico noroccidental (Mitchell 1974 en Clapham y Mayo 1987a) y de 0.37 fetos por hembra por año en aguas antárticas (Chittleborough 1965).

Al igual que en otras zonas de invierno en donde las tasas de nacimiento han aumentado a través de los años (Herman y Antinoja 1977; Perry et al. 1990), las tasas de nacimiento encontradas para la Bahía de Banderas y la Isla Socorro son ligeramente mayores a las previamente reportadas por Salas Ródarte (1993) de 8.9% para Socorro y 5.8% para la Bahía de Banderas. Un examen retrospectivo de la información disponible sugiere que si bien podría existir una tendencia de la tasa de nacimiento a aumentar con el tiempo, en este momento no es posible concluir que dicha tendencia exista o sea consecuencia de una mayor cantidad de datos disponibles o del efecto de la experiencia en la investigación.

Por lo incompleto de los datos, la tasa de nacimiento en la región de Los Cabos es globalmente menor a la de Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo y muy variable. En 1992, con 134 fotoidentificaciones, en Los Cabos se determinó una tasa de nacimiento por fotoidentificación de 9.4%. Una menor tasa de nacimiento en Los Cabos puede resultar de la segregación espacial de clases de sexo y estado reproductivo discutida anteriormente en donde esta zona, por ser más fría que el resto de las zonas de invierno de las ballenas jorobadas en México (Ladrón de Guevara Porras 2001), es tal vez menos preferida por las hembras parturientas.

También por lo incompleto de los datos, no pudo encontrarse alguna relación de la tasa de nacimiento con el ciclo ENOS. Tampoco se encontró alguna relación de la tasa de nacimiento con factores de interacción social tales como índices de competencia o de encuentro entre machos y hembras (Figuras 13-16). Esto sugiere que la

reproducción de las ballenas jorobadas no está restringida por la interacción social de los animales. Restricciones a la reproducción de esta especie parecen tener más relación con su ecología alimentaria (Straley et al. 1994) lo cual apenas empieza a investigarse en México a partir del contenido de ácidos grasos de la dermis (Nolasco Soto, en proceso).

Aunque las hembras de las ballenas jorobadas son esencialmente filopátricas, puede observarse que algunas de ellas cambian con cierta regularidad su destino migratorio de invierno (Ladrón de Guevara et al 2000) en forma aparentemente independiente de si tienen o no cría (Tabla 11). Esto también refuerza la idea de que la reproducción de estos animales está restringida más bien por la ecología de sus zonas de alimentación. Si una hembra puede mantener la preñez y llevarla a término, la elección de destino migratorio invernal no parece ser un factor que afecte la reproducción tanto como la condición de la misma hembra (Chittleborough 1958; Dawbin 1966; Straley et al. 1994; Clapham 1996).

### Intervalos de reproducción.

La distribución de los intervalos mínimos de reproducción registrados en este trabajo con un promedio cercano a los dos años es similar a la de los intervalos reportados por Chittleborough (1958) en el Océano Austral, por Clapham y Mayo (1987a) en el Atlántico noroccidental y por Perry et al. (1990) en Hawai. Esto sugiere que los intervalos mínimos registrados aquí son cercanos a los intervalos reales. Es interesante notar que en las Islas Revillagigedo antes de 1995 se observó una cantidad considerable de eventos de preñez postparto. A reserva de que tiene que revisarse el seguimiento de fotoidentificación posterior a 1995 en Revillagigedo, la disminución de intervalos de preñez de un año en este lugar es un indicio sugerente de recuperación poblacional a pesar de que no hay un incremento notable en la estimación del tamaño poblacional entre los estudios de Urbán et al. (1994) y los de Urbán et al. (1999). La

aparente tendencia al incremento de la tasa de nacimiento de las ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano igualmente puede reflejar un cambio en la composición de edades y estados reproductivos de las hembras consistente en un incremento de la tasa de reclutamiento de hembras maduras sexualmente. El aparente incremento de los intervalos de reproducción parece una modificación en la historia de vida de las hembras resultante de efectos de densodependencia ante un aparente crecimiento poblacional (Urbán et al. 1999; Urbán Ramírez 2001). Estos cambios poblacionales pueden a su vez derivar de cambios en la ecología de las zonas de alimentación que por el momento nos son intratables.

## CONCLUSIONES

Existe una preferencia por parte de las hembras con cría de la ballena jorobada por aguas someras con temperatura cercana a 25 °C. Dicha preferencia depende de la extensión y continuidad de la zona de estancia invernal. En la costa del Pacífico mexicano, por su extensión y continuidad como zona de estancia invernal de las ballenas jorobadas, puede haber cierta segregación de clases de sexo y estado reproductivo, adicional a la segregación migratoria, como consecuencia de los distintos movimientos y preferencias de estas clases ante variaciones oceanográficas espaciales y temporales.

La determinación de la tasa de nacimiento está sujeta a varios sesgos. Las tasas de nacimiento por avistamientos y por fotoidentificación son más exactas y coherentes cuando se fotoidentifica a una proporción alta de los animales avistados y cuando estas fotoidentificaciones son de al menos 200 animales. La tasa de nacimiento en las Islas Revillagigedo y en La Bahía de Banderas fueron de 10 a 12 % crías por individuo por año y en Los Cabos, que fue una determinación poco precisa, de 9 a 10%. Se determinó una tasa de 0.57 y 0.62 crías por hembra por año para la Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo, respectivamente. Estas tasas son comparables a las de otras regiones del mundo y ligeramente superiores a las de Hawai y el Atlántico noroccidental.

Los intervalos mínimos de reproducción son comparables a los de otras regiones del mundo siendo el intervalo de dos años el más común. En las Islas Revillagigedo parecen haber disminuido los eventos de preñez posparto durante la última década como resultado de la recuperación poblacional y/o de modificaciones en la estructura de edades y estados reproductivos que pueden derivar de cambios en la ecología alimentaria.

La reproducción de las jorobadas parece depender más del estado nutricional de las hembras, lo que a su vez depende de la ecología de sus sitios de alimentación, más que de factores propios de las zonas de estancia invernal tales como elección de destinos de invierno o la interacción entre machos y hembras en las zonas de reproducción. Por esto, para conocer más sobre la reproducción de esta especie se requiere de conocer mejor su ecología en las zonas de alimentación.

## AGRADECIMIENTOS.

Agradezco sinceramente a Luis y a Paloma que aceptaron dirigirme durante esta etapa. Igualmente agradezco a el Dr. Eduardo Morales Guillaumin, a la Dra María del Carmen Uribe Aranzabal y a la Dra Cecilia Vanegas Pérez por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo y por todos los consejos y sugerencias que sirvieron para que este trabajo quedara lo mejor posible.

A mis padres, lo mejor que soy es por ellos, a Alicia, mi madre, por apoyarme y por escucharme siempre que lo necesite, por dejarme ser lo que quise ser, por haberme educado de la forma en que lo hizo y lo más importante por ser mi madre.

A Ricardo, mi padre, por haberme dado todo lo que necesite, por su comprensión, apoyo, cuestionamientos y críticas, todo lo cual me ayudo a crecer como ser humano.

A mis hermanos, Alicia, Jorge y Francisco, por su apoyo incondicional, cada uno de ellos una parte muy importante en mi vida que me han enseñado, aunque no lo sepan cosas muy valiosas. Espero que sepan que cuentan conmigo.

A Erika, el mejor ser humano que conozco, quien siempre, aún ahora me ha enseñado las cosas más importantes de la vida, quien hizo que mis sentimientos de estar aquí fueran más fuertes que los de estar en el mar, muchas gracias por todo lo que siempre me diste, también gracias por soportarme, y por aguantar mis enojos, mis criticas y sugerencias, todo ello, muestra del gran amor que siempre tendré hacia ti.

A mis amigos, aquellos que afortunadamente he podido conservar desde hace tiempo, a Martha, Axayacatl, Jorge, Miguel, Ricardo y Roberto, y a aquellos que conocí durante la carrera y con las cuales compartí demasiadas vivencias.

A aquellos maestros que me mostraron el camino en el que ahora me encuentro, al profesor Miguel Ángel Solares que antes de cualquier cosa es profesor, al personal del laboratorio de Microcine de la Facultad, en especial a Anabel Bieler Antolín y a todos aquellos que fueron parte de mi formación como biólogo. Mención aparte merecen Paloma, Luis y Mario, a cada uno de ellos gracias por haber compartido su conocimiento y experiencia, no solo de los mamíferos marinos si no de muchas otras cosas más, a Paloma por ser un excelente ser humano, por su eterna disposición de ayudar a quien lo necesite, a Mario por haberme ayudado a formar parte de este laboratorio y por todos sus conocimientos compartidos, a Luis por haberme apoyado y confiado el trabajo de algunas temporadas.

A la UNAM, no sólo por haberme formado como hombre como ser humano y como biólogo, si no por haberme permitido también jugar a nombre suyo, una de las cosas más importantes en mi vida.

A todos mis compañeros del laboratorio, a Karla, Gloria, Janet, Chuy, Ana, Talina, Ricardo, Iván, Itzel, Héctor, Hiram, Maria de Jesús, Arturo y Ángel con quienes compartí momentos maravillosos y en ocasiones tortuosos en el campo y en nuestro todavía, pequeño laboratorio.

A Salvatore Cerchio, Jeff Jacobsen, Andrea Falcone y Danielle Cholewiak por sus comentarios, interés y apoyo con datos de la región de Revillagigedo.



Al personal que trabaja en la Estación de Biología Marina y Pesquera de la Cruz de Huanacastle, a la Doctora Susana Sánchez por su apoyo en las temporadas en las que participe, a Sherman Hernández y Aurelio Solís por haber aceptado trabajar conmigo, por ayudarme, y sobre todo por todo lo que me enseñaron, a Pablo del Monte por su hospitalidad, y esas tardes de tele y de plática, a Juan González por ayudarnos en las finanzas y en general a todas aquellas personas que viven y trabajan en la Bahía de Banderas. GRACIAS.

Un Mar sin monstruos es como un dormir sin sueños.

## REFERENCIAS

- Álvarez Borrego S y Schwartzlose. 1979. Masa de agua del Golfo de California. *Ciencias marinas*. 6 (1-2): 43-63.
- Álvarez Flores C.M. 1987. Fotoidentificación del rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), en las aguas adyacentes a la Isla Isabel, Nayarit. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Baker C.S. y Herman L.M. 1982. The impact of vessel traffic on the behavior of humpback whales in southeast Alaska. University of Hawaii. Honolulu, HI.
- Baker C.S. y Herman L.M. 1984a. Seasonal contrasts in the social behavior of the humpback whale. *Cetus* 5(2): 14-16.
- Baker C.S. y Herman L.M. 1984b. Aggressive behavior between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) wintering in Hawaiian waters. *Can. J. Zool.* 62: 1922-1937.
- Baker C.S. y Herman L.M. 1987. Alternative populations estimates of humpback whale in Hawaiian waters. *Can. J. Zool.* 65(11): 2818-2821.
- Baker C.S. y Herman L.M. 1989. Behavioural responses of summering humpback whales to vessel traffic: Experimental and opportunistic observations. Technical Report NPS-NR-TRS-89-01.
- Baker C.S. y Medrano-González L. 2001. World-wide distribution and diversity of humpback whale mitochondrial DNA lineages. En: Pfeiffer C.J. (ed). *Molecular and Cell Biology of Marine Mammals*. Krieger Publishing. Melbourne, FL.
- Baker C.S., Perry A. y Herman L. M. 1987. Reproductive histories of female humpback whale *Megaptera novaeangliae* in the North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41: 103-114.
- Baker C.S., Herman L.M., Perry A., Lawton W.S., Straley J.M., Wolman A.A., Kaufman G.D., Winn H.E., Hall J.D., Reinke J.M. y Ostman J. 1986. Migratory movement and population structure of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central and eastern North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 31: 105-119.
- 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. 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., Flórez-González L., Abernethy B., Rosebaum H.C., Slade R.W., Capella, J. y Bannister J.L. 1998. Mitochondrial DNA variation and maternal gene flow among humpback whales of the Southern Hemisphere. *Mar. Mamm. Sci.* 14(4): 721-737.
- Berta A y Sumich J. L. 1999. *Marine mammals evolutionary biology*. Academic Press. New York, NY.
- Bonner W.N. 1980. *Whales*. Blandford Mammals Series.

- Brody M. 1989. Explaining sea mammal deaths proves challenging. *Am. Soc. Microbiol. News* 55(11): 595-598.
- Brown M.R., Corkeron P.J., Hale P.T., Schultz K.W. y Bryden M.M. 1995. Evidence for a sex-segregated migration in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). *Proc. R. Soc. Lond. B* 259: 229-234.
- Brownell R.L. y Ralls K. 1986. Potential for sperm competition in baleen whales. *Rep. Int. Whal. Commn. Special issue* 8: 97-112.
- Calambokidis J., Cabbage J.C., Balcomb K.C., Steiger G.H. y Bloedel P. 1988. Humpback whale *Megaptera novaeangliae* distribution and abundance in Gulf of Farallones National Marine Sanctuary, 1987. Annual report to Gulf the Farallones National marine santctuary, NOAA for contract CX 8000-6-0003. Cascadian reserch collective olimpia. Washington, DC.
- 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. Mamm. Sci.* 12 (2): 215-226.
- Calambokidis J., Cabbage C.J., Steiger G.H., Balcomb K.C. y Bloedel P. 1998. Population estimates of humpback whales in the Gulf of the Farallones, California. *Rep. Int. Whal. Commn. Special issue* 12: 325-333.
- 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.D. 2000. Migratory destinations of humpback whales that feed off California, Oregon and Washington. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 192: 295-304.
- Campos Ramos R. 1989. Fotoidentificación y comportamiento del rorcual jorobado *Megaptera novaeangliae* (Borowski 1781) en las aguas adyacentes al Archipiélago de Revillagigedo, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Cano P. F. A y Tovilla H. 1991. Oceanografía física. Golfo de California. pp 453-514. En: de la Lanza G. E. (compiladora). *Oceanografía de mares Mexicanos*. AGT. México, DF.
- Cerchio S. 1996. Social structure, sexual selection and mate choice in lek mating systems and evaluation of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) as a lekker. Biology Department, University of Michigan. Ann Arbor, MI.
- Clapham P.J. 1992. Age at attainment of sexual maturity in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Can. J. Zool.* 70: 1470-1472.
- Clapham P.J. 1996. The social and reproductive biology of humpback whales: An ecological perspective. *Mamm. Rev.* 26(1): 27-49.
- Clapham P.J. y Mayo C.A. 1987a. The attainment of sexual maturity in two female humpback whales. *Mar. Mamm. Sci.* 3(3): 279-283.

- Clapham P.J. y Mayo C.A. 1987b. Reproduction and recruitment of individually identified humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) observed in Massachusetts Bay 1979-1985. *Can. J. Zool.* 65: 2853-2863.
- Clapham P.J. y Mayo C.A. 1990. Reproduction of humpback whale *Megaptera novaeangliae* observed in the Gulf of Maine. *Rep. Int. Whal. Commn. Special issue* 12: 171-175.
- Clapham P.J., Palsbøll J.P. y Mattila D.K. 1993. High-energy behaviors in humpback whales as a source of sloughed skin for molecular analysis. *Mar. Mamm. Sci.* 9: 213-220.
- Clapham P.J., Palsbøll P.J., Mattila D.K. y Vázquez O. 1992. Composition and dynamics of humpback whale competitive groups in the West Indies. *Behaviour.* 122: 182-194.
- Craig A.S y Herman L.M. 1997. Sex differences in site fidelity and migration of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to the Hawaiian islands. *Can. J. Zool.* 75: 1923-1933.
- Craig A.S y Herman L.M. 2000. Habitat preferences of female humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Hawaiian islands are associated with reproductive status. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 193: 209-216.
- Chávez G. 1975. Elementos de oceanografía. CECSA. México, D.F.
- Chittleborough R.G. 1954. Aspects of reproduction in the male humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) (Bonaterre). *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 6: 1-29.
- Chittleborough R.G. 1958. The breeding cycle of the female humpback whale, *Megaptera nodosa* (Bonaterre). *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 9: 1-18.
- Chittleborough, R.G. 1965. Dynamics of two populations of the humpback whale *Megaptera novaeangliae* (Boroski). *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 16: 33-128.
- Chu K.C. 1988. Dive times and ventilation patterns of humpback whales *Megaptera novaeangliae*. *Can. J. Zool.* 66: 1322-1327.
- Chu K. y Nieukirk S. 1988. Dorsal fin scars as indicators of age, sex and social status in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*. *En Prensa. Can. J. Zool.*
- Darling J.D. 1983. Migrations, abundance and behaviour of an humpback whales, *Megaptera novaeangliae*. Tesis doctoral. University of California. Santa Cruz, CA.
- Darling J.D. y Jurasz C.M. 1983. Migratory destinations of North Pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). pp 359-368. En: Payne R. (ed). *Communication and behavior of whales. AAAS Selected Symposium 76.* Westview Press. Boulder, CO.
- Darling J.D. y Mc Sweeney D.J. 1985. Observations on the migrations of the 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.

ESTA TESIS ESTÁ EN  
DE LA BIBLIOTECA

- Darling J.D., Gibson K.M. y Silber G.K. 1983. Observations on the abundance and behavior of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off West Maui, Hawaii, 1977-79. pp 201-220. En: Payne R. (ed). Communication and behavior of whales. AAAS Selected Symposium 76. Westview Press. Boulder, CO.
- Dawbin H.W. 1966. The seasonal migratory cycle of humpback whales. pp 145-170. En: Norris K.S. (ed). Whales, dolphins and porpoises. California University Press. Berkeley, CA.
- Emlen S.T. y Oring L.W. 1977. Ecology, sexual selection and the evolution of mating systems. *Science*, 197 (4300): 215-223.
- Falcone E.A. 1999. Associations among individuals in a breeding population of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). Tesis de pregrado. Department of Biological Sciences, Humboldt State University. Arcata, CA.
- Findlay K.P. y Best P.B. 1996. Estimates of the numbers of the humpback whales observed migrating past Cape Vidal, South Africa, 1988-1991. *Mar. Mamm. Sci.* 12(3): 354-370.
- Florez-González L., Capella A.J., Hasse B., Bravo A.G., Félix F. y Gedorrete T. 1998. Changes in winter destinations and the northernmost record of southeastern Pacific humpback whales. *Mar. Mamm. Sci.* 14(1): 189-196.
- Gaskin D.E. 1982. The ecology of whales and dolphins. Heineman. London, UK.
- Gendron D. y Urbán R.J. 1993. Evidence of feeding by humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Baja California breeding ground, México. *Mar. Mamm. Sci.* 9(1): 76-81
- Glockner D.A. y Venus S.C. 1983. Identification, grow rate and behavior of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) cows and calves in the waters off Maui, Hawaii, 1977-79 pp 223-258. En: Payne R. (ed). Communication and behavior of whales. AAAS Selected Symposium 76. Westview Press. Boulder, CO.
- Glockner-Ferrari F.D. y Ferrari J.M. 1984. Reproduction in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in Hawaiian waters. *Rep. Int. Whal. Commn.* Special issue 6: 237-242.
- Haley D. 1978. Marine Mammal of eastern North Pacific and Arctic waters. Pacific Search Press. Seattle, WA.
- Harrison L.M. 1978. The natural history of the whale. Columbia University Press. New York, NY.
- Herman L.M. 1980. Cetacean behavior: Mechanisms and functions. University of Hawaii. Honolulu, HI.
- Herman L.M. y Antinoya C.R. 1977. Humpback whales in the Hawaiian breeding waters: populations and pod characteristics. *Sci. Rep. Whal. Res. Inst.* 29: 59-85.

- Johnson H.J. y Wolman A.A. 1984. The humpback whale *Megaptera novaeangliae* pp30-37. En: Breiwick M.J. y Braham W.H.(eds). The status of endangered whales. A special section of the marine fisheries review. 46 (4). NOAA7NMFS.
- Katona S.K. y Whitehead H.P. 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. *Polar Record* 20(128): 439-444.
- Katona S.B. y Beard J.A. 1990. Populations size, migrations and substock structure of the humpback whale *Megaptera novaeangliae* in the western North Atlantic Ocean. *Rep. Int. Whal. Commn. Special issue* 12: 295-305.
- Katona S., Baxter B., Brazier O., Kraus S., Perkins J. y Whitehead H. 1979. Identification of humpback whales by fluke photographs. pp 33-44. En: Winn y Olla (eds). *The behavior of marine animals. Volume 3.* New York and London. Plenum Press.
- Ladrón de Guevara Porras P. 1995. La ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowki 1781) en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México (Cetacea: Balaenopteridae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Ladrón de Guevara Porras P. 2001. Distribución temporal y estructura de las agrupaciones de los rorcuales jorobados (*Megaptera novaeangliae*) en dos áreas de reproducción del Pacífico Mexicano. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Ladrón de Guevara P.P., Salinas Z.M., Juárez S.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 el Archipiélago de Revillagigedo, México. XXV Reunión internacional para el estudio de los mamíferos marinos. La Paz, BCS.
- Laerm J., Wenzel F., Craddock J.E., Weinand D., McGurk J., Harris M.J., Early G.A., Mead J.D., Potter C.W. y Barros N.B. 1996. New prey species for Northwestern Atlantic humpback whales. *Mar. Mamm. Sci.* 13(4): 705-711.
- Laist W.D., Knowlton R.A., Mead G.J., Collet S.A. y Podesta M. 2001. Collision between ships and whales. *Mar. Mamm. Sci.* 17(1): 35-75.
- Llinas-Gutiérrez J., Lluch-Cota D., Castellanos A. y Ortega-Rubio A. 1993. La Isla Socorro, Revillagigedo. pp. 520-534. En: Salazar-Vallejo S.I. y González N.E. (eds). *Biodiversidad marina y costera de México.* CONABIO, CIQRO. México, DF.
- Lluch-Cota S.E., Lluch-Cota D.B., Lluch-Belda D., y Bautista-Romero J. 1994. Oceanografía. pp 77-111. En: Ortega Rubio A. y Castellanos Vera A. (eds). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, BCS.
- Lockyer C.H. 1984. Review of baleen whale (Mysticeti) reproduction and implications for management. *Rep. Int. Whal. Commn. Special issue* 6: 27-50.

- Lockyer C.H. y Brown S.G. 1981. The migration of whales. pp 105-137 En: Aidley D.J. (ed). Animal migration. Society of Experimental Biology Seminar Series 13. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Magaña V., Pérez J.L. y Conde C. 1998. El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur. Sus impactos en México. Ciencias 51: 14-18.
- Massons J y Camps J. 1998. Del fuego al agua: El Niño y La Niña. Mundo Científico 187: 59-65.
- Mattila D.K., Clapham P.J., Katona S.K. y Stone G.S. 1989. Population composition of humpback whale *Megaptera novaeangliae* on Silver Bank. 1984. Can. J. Zool. 67: 281-285.
- Matthews L.H. 1937. The humpback whale *Megaptera nodosa*. Disc. Rep. 17: 7-92.
- Medina G.M. 1978. Memoria de la expedición científica a las Islas Revillagigedo. Abril de 1954. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal.
- Medrano González L. 1993. Estudio genético del rorcual jorobado en el Pacífico Mexicano. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF
- 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-Lobo A., Urbán-Ramírez 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 González L., Urbán Ramírez J., Vázquez Cuevas M.J., Robles Saavedra M.R., Ladrón de Guevara Porras P., Nolasco Soto J., Gómez Lozano F., Villavicencio Llamosas K., Juárez Salas R.A., Jacobsen J.K., Cerchio S. y Baker C.S. 2000. Hábitos reproductivos e historia poblacional reciente de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano (Proyecto 3725P-N9608). Memorias del 1er Congreso Nacional de Ciencias Naturales. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, DF.
- Mosig Reidl P. 1997. Efectos del turismo en la abundancia y comportamiento de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) en la Laguna de San Ignacio, B.C.S., México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- National Marine Fisheries Service. 1991. Recovery plan for the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). National Oceanic and Atmospheric Administration. Silver Spring, MD.
- Nishiwaki M. 1972. General biology pp 33-353. En: Ridgway H.S (ed). Mammals of the sea. Biology and medicine. Charles Thomas Publisher. Illinois, USA.
- Nishiwaki M. y Sasao A. 1977. Human activities disturbing natural migration routes of whales. Sci. Rep. Whal. Res. Inst. 29: 113-120.

- Nolasco Soto J. En proceso. Contenido calórico y composición de ácidos grasos de la dermis de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Ortega Rubio A. y Castellanos Vera A. (eds). 1994. La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, BCS.
- Payne R.S. y McVay S. 1971. Songs of humpback whales. *Science* 173(3997): 585-597.
- Payne R. y Guinee L.N. 1983. Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) songs as indicator of "stocks". pp 333-358. En: Payne R. (ed). *Communication and behavior of whales*. AAAS Selected Symposium 76. Westview Press. Boulder, CO.
- Payne K., Tyack P. y Payne R. 1983. Progressive changes in the song of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) a detailed analysis of two season in Hawaii. pp 9-57. En: Payne R. (ed). *Communication and behavior of whales*. AAAS Selected Symposium 76. Westview Press. Boulder, CO.
- Perry A., Baker C.S. y Herman L.M. 1990. Population characteristics of individually identified humpback whales in the central and eastern North Pacific: A summary and critique. *Rep. Inter. Whal. Commn. Special issue* 12: 307-317.
- Perry S.L., DeMaster D.P. y Silber G.K. 1999. The great whales: History and status of six species listed as endangered under the US endangered species Act of 1973. *Mar. Fish. Rev. Special issue* 6(1).
- Ramaje C.S. 1986. El Niño. *Investigación y Ciencia* 119: 40-48.
- Ramírez Sautiel S. 1995. Efecto de las embarcaciones sobre el comportamiento del rorcual jorobado, en Baja California Sur, México. Tesis profesional. Departamento de Biología Marina, UABCS. La Paz, BCS.
- Reijnders P.J.H. 1988. Ecotoxicological perspectives in marine mammalogy: Research principles and goals for a conservation policy. *Mar. Mamm. Sci.* 4(2): 91-102.
- Reijnders P.J.H., Aguilar A., y Donovan G.P. 1999. Chemical pollutants and cetaceans. Special issue of the International Whaling Commission (<http://ourworld.compuserve.com/homepages/iwcoffice/subscription.htm>).
- Rice D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific pp 170-195. En: Scheville W.E. (ed) *The whale problem*. Harvard University Press. Cambridge, MA.
- Rice W.D. 1978. The humpback whale in the North Pacific: Distribution, exploitation and numbers pp 29-74. En: Norris K.S. y Reeves R. (eds). *Report on a workshop on problems related to humpback whales (Megaptera novaeangliae) in Hawaii*. US Marine Mammal Commission. Washington, DC.
- Roden G.I. y Emilsson I. 1980. Oceanografía física del Golfo de California. Manuscrito no publicado, 4 Simposio: El Golfo de California en conmemoración del cincuentenario de la autonomía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Mazatlán, Sinaloa. 67 pp.

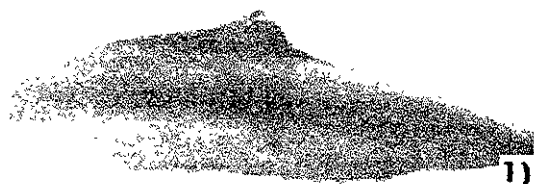


- Salas Rodarte I.V. 1993. Intervalos de reproducción y tasas de nacimiento de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) identificadas en dos áreas de reproducción del Pacífico Mexicano, 1986-1991. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Salinas Zacarías M.A. 2000. Estudio comparativo del sonido emitido por los machos del rorcual jorobado *Megaptera novaeangliae* durante el invierno en dos áreas de reproducción del Pacífico Mexicano. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Salinas Zacarías M.A. y Bourillón Moreno L.M. 1988. Taxonomía, diversidad y distribución de los cetáceos de la Bahía de Banderas, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- 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. Departamento de Biología Marina, UABCS. La Paz, BCS.
- Sánchez Santillán N.L. 1999. El cambio global del clima en el Golfo y Caribe mexicano y su importancia en doce pesquerías de importancia comercial. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Scammon C.M. 1874. The marine mammals of the North-western coast of North America. Dover Publications. New York, NY. 1968.
- Secretaría de Marina. 1993. Actividad volcánica del Evermann en Isla Socorro. Revista de la Secretaría de Marina 67. México, DF.
- Steiger G.H. y Calambokidis J. 2000. Reproductive rates of humpback whales off California. Mar. Mamm. Sci. 16(1): 220-239.
- Stone G.S., Flórez-Gonzalez L. y Katona S. 1990. Whale migration record. Nature 346(6286): 705.
- Straley J.M. 1986. Fall and winter occurrence of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Southeastern Alaska. Rep. Int. Whal. Commn. Special issue 12: 319-323.
- Straley J.M., Gabriele C.M. y Baker C.S. 1994. Annual reproduction by individually identified humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Alaskan waters. Mar. Mamm. Sci. 10(1): 87-92.
- Tarusky A.G., Olney C.E., Winn H.E. 1975. Chlorinated hydrocarbons in cetaceans. J. Fish. Res. Board Can. 32: 2205-2209.
- Tamayo J. 1976. Geografía moderna de México. Trillas. México. DF.
- Tomilin A.G. 1967. Mammals of the USSR and adjacent countries. Volume 9. Cetacea. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.
- Tyack P. 1981. Interactions between singing Hawaiian humpback whales and coespecifics nearby. Behav. Ecol. Sociobiol. 8: 105-116.
- Tyack P. y Whitehead H. 1983. Male competition in large groups of wintering humpback whales. Behaviour 83:132-154.

- Urbán Ramírez J.J. 2001. Estructura poblacional, abundancia y destinos migratorios de las ballenas jorobadas que invernán en el Pacífico mexicano. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Urbán J. y Aguayo A. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale *Megaptera novaeangliae* in the Mexican Pacific. *Mar. Mamm. Sci.* 3(4): 333-344.
- Urbán Ramírez J., Gómez-Gallardo A.U., Flóres V.S., Palmeros M.R y Ludwig S. 2000a. Cambios en la abundancia, distribución y mortalidad en las ballenas grises en la Laguna San Ignacio, B.C.S., durante El Niño 1997-98 y La Niña 1998-99. XXV Reunión internacional para el estudio de los mamíferos marinos. La Paz, BCS.
- Urbán R.J., Jaramillo A.L., Salinas Z.M., Jacobsen J.K., Balcomb K., Ladrón de Guevara P.P. y Aguayo A.L. 1994. Estimación de la abundancia de los rorcuales jorobados que habitan en el Pacífico mexicano durante el periodo invernal. XIX Reunión internacional para el estudio de los mamíferos marinos. La Paz, BCS.
- Urbán R.J., Aguayo L.A., Salinas Z.M., Campos R.R., Balcomb K.C., Jacobsen K.J., Ladrón de Guevara P.P. y Alvarez F.C. 1989. Abundance and interaction of the humpback whale in their Mexican breeding grounds. 8<sup>th</sup> biennial Conference on the biology of marine mammals. Pacific Grove, CA.
- Urbán Ramírez J., Alvarez C.F., Salinas Z.M., Jacobsen J., Balcomb K.C., Jaramillo A.L., Ladrón de Guevara P.P. y Aguayo A.L. 1999. Population size of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of México. *Fish. Bull.* 97: 1017-1024.
- Urbán R.J., Jaramillo L.A., Aguayo L.A., Ladrón de Guevara P.P., Salinas Z.M., Alvarez F.C., Medrano G.L., Jacobsen J.K., Balcomb K.C., Claridge D.E., Calambokidis J., Steiger G.H., Straley J.M., von Ziegezar O., Waite J.M., Mizroch S., Dahlheim M.E., Darling, J.D. y Baker C.S. 2000b. Migratory destinations of humpback whale in the Mexican Pacific. *J. Cet. Res. Manag.* 2(2): 101-110.
- Villavicencio Llamosas K. 2000. Patrones de ventilación y hábitos del rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) durante su estancia invernal en el Pacífico Mexicano. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, DF.
- Watson L. 1985. Sea guide to the whales of the world. E.P. Dutton, New York, NY.
- Whitehead H. y Glass C. 1985. The significance of the southeast shoal of the corand bank to Humpback whales and other cetacean species. *Can. J. Zool.* 61: 1391-1397.
- Winn H.E y Winn L.K. 1978. The song of humpback whale *Megaptera novaeangliae* in west Indies. *Mar. Biol.* 47: 97-114.

- Winn H.E. y Reichley N. 1985. Humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. pp 241-274. En: Ridgway S.H. y Harrison R. (eds). *Handbook of marine mammals*. Vol. 3. The sirenians and baleen whales. Academic Press. New York, NY.
- Winn H.E., Edel R.K. y Taruski A.G. 1975. Population estimate of the humpback whale *Megaptera novaeangliae*, in the West Indies by visual and acoustic techniques. *J. Fish. Res. Board. Can.* 32: 499-506.
- Wynne K. 1993. Guide to marine mammals of Alaska. Alaska Sea Grant College program, University of Alaska Fairbanks. 75 pp.

## EJEMPLOS DE RECAPTURAS



Hembra HM92R009 fotoidentificada por primera vez en la isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo por Paloma Ladrón de Guevara en 1992 (Foto 1) y recapturada en la Bahía de Banderas en 1996 (Foto2; Paloma Ladrón de Guevara).



Hembra HM91B010 fotoidentificada por primera vez en 1991 (Foto 3) en la Bahía de Banderas por Paloma Ladrón de Guevara, recapturada en los años 1995 (Foto 4; Paloma Ladrón de Guevara) y 1996 en la Bahía de Banderas.



Hembra HM90B004 fotoidentificada por primera vez en la Bahía de Banderas en 1990 por Ken Balcomb (Foto 5) y recapturada en 1992 en la Bahía de Banderas (Foto 6; Alejandro Carrera).