

INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL



IPN-CICIMAR

CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE CIENCIAS MARINAS

**Uso de la Laguna San Ignacio por la
ballena gris *Eschrichtius robustus*, durante
las temporadas invernales de 1996 y 1997**



T E S I S

Que como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

con especialidad en

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

P R E S E N T A

E. Alejandro Gómez Gallardo Unzueta

La Paz, B.C.S. junio 2004



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S. siendo las 10:00 horas del día 16 del mes de abril del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

“USO DE LA LAGUNA SAN IGNACIO POR LA BALLENA GRIS *Eschrichtius robustus*, DURANTE LAS TEMPORADAS INVERNALES DE 1996 Y 1997”

Presentada por el alumno:

GÓMEZ GALLARDO UNZUETA ENRIQUE ALEJANDRO
Apellido paterno materno nombre(s)

Con registro:

9	6	1	3	3	6
---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. JORGE DE JESUS URBAN RAMIREZ
PRESIDENTE SECRETARIO

DRA. DIANE GENDRON LANIEL

SEGUNDO VOCAL

MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

DR. E. MAURICIO RAMIREZ RODRIGUEZ

TERCER VOCAL

DR. OSCAR ARIZPE COVARRUBIAS

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ



L. P. N.
CICIMAR
DIRECCION



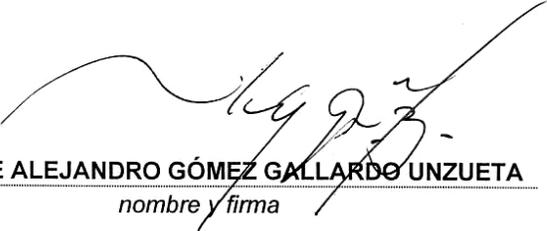
**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 1º. del mes Abril del año 2004, el (la) que suscribe ENRIQUE ALEJANDRO GÓMEZ GALLARDO UNZUETA alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro 961336 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. JORGE DE JESÚS URBÁN RAMÍREZ y cede los derechos del trabajo titulado: “USO DE LA LAGUNA SAN IGNACIO POR LA BALLENA GRIS *Eschrichtius robustus*, DURANTE LAS TEMPORADAS INVERNALES DE 1996 Y 1997” al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: eagg@uabcs.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


ENRIQUE ALEJANDRO GÓMEZ GALLARDO UNZUETA

nombre y firma

por ser parte de todos
y cada uno de los peldaños escalados...
por estar cuando no estaba...
por ser cuando no era...
por vivir cuando desfallecía...
por ti, para ti...

...Silvia...

Agradecimientos

La persona responsable de que este trabajo sea una realidad es Jorge Urbán, el me invitó a participar en este proyecto, el cual llevamos juntos desde hace casi 10 años. Decidimos ingresar a un campo de batalla en el que la victoria se apreciaba imposible, salimos adelante y seguimos a barlovento... Jorge: gracias por todo tu apoyo, pero sobre todo por todo lo demás...

Diana Gendron... sin su apoyo, ímpetu y energía siempre contagiosa este trabajo sencillamente no sería. Sus exigentes y precisas observaciones, preocupada en todo momento por que las actividades se concretaran, y a la defensa incólume y sin cuartel para que el trabajo finalizara... Diana: me son escasas las letras... pero conformarme tengo con escribir... gracias mil...

Mi paso por CICIMAR nunca sería igual de no haber conocido a Gustavo de la Cruz, su dedicación, apoyo y eterna disponibilidad en ayudar, rebasa los límites de lo creíble, situación con la que me vi favorecido al contar con su asesoría y rescate en algunas dudas, sus atinadas y enriquecedoras observaciones y su trato amable y sincero... agradecerle siempre nunca será suficiente... como asesor y como profesor...

El tiempo dedicado y las observaciones precisas caracterizan a Mauricio Ramírez, siempre se preocupó por que todo fuera claro y correcto, su análisis crítico y objetivo lo convierten en el asesor que todos necesitamos... un claro en la penumbra del sendero... la mejor manera de agradecerle será estar a la altura... gracias siempre...

Oscar Arizpe y Víctor Gómez fueron críticos revisores y asesores durante el proceso de elaboración de este documento, contribuyendo siempre de manera objetiva y concreta, los resultados de sus observaciones promovieron la superación en todo momento... muy agradecido...

Carlos Álvarez fue una ayuda imprescindible en aquellos asuntos que a menudo se nos escapan a los mortales, su disposición y consejo nunca quedarán recompensados... gracias...

Steve Swartz y Bruce Mate, asesores y amigos, dejaron su experiencia y disposición a la ayuda... aleccionadora en todo momento... mi reconocimiento...

Afortunado fui, por contar con el apoyo de los compañeros en este quehacer que nunca ha dejado de ser una pasión. Miguel, Víctor, Mercedes, Stefan, Mauricio, Jessica, Paola, son solo algunos con los que compartí las vicisitudes que sobran, ellos siempre estuvieron y nunca faltaron... a todos ellos les debo mucho y les aprecio más...

Exportadora de Sal representó el apoyo logístico y financiero, pero además humano, por parte de todo el personal que tuvo a bien colaborar para lograr tener las mejores condiciones posibles en un lugar imposible, pero fascinante.... a todos ello mi más sincero reconocimiento y agradecimiento...

Kuyimá, para nosotros una isla en el desierto, un hogar lejos de la casa. Josele, Mary, Raúl, Lalo, Carlos, Fito y toda la banda kuyimera nos apoyó y brindó su amistad, mientras nosotros molestábamos a sus ballenas. Todos nos demostraron que el trabajo en equipo existe... gracias...

Se agradece al CONACYT que apoyó con una beca al que esto escribe.

CONTENIDO

GLOSARIO	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVOS	10
METODOLOGÍA	11
ÁREA DE ESTUDIO	11
ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN	15
PERMANENCIA	18
FILOPATRÍA DE LAS BALLENAS GRISES A LA LAGUNA SAN IGNACIO	20
NÚMERO DE BALLENAS GRISES QUE VISITARON LAGUNA SAN IGNACIO	21
COMPARACIÓN ESTADÍSTICA	22
RESULTADOS	24
DEMOGRAFÍA	24
<i>Abundancia</i>	24
<i>Distribución</i>	32
<i>Densidad</i>	38
PERMANENCIA	44
FILOPATRÍA DE LAS MADRES CON CRÍA	48
NÚMERO DE BALLENAS GRISES QUE VISITARON LAGUNA SAN IGNACIO	50
DISCUSIÓN	53
DEMOGRAFÍA	53
<i>Abundancia</i>	53
<i>Distribución</i>	58
PERMANENCIA	66
FILOPATRÍA DE LAS MADRES CON CRÍA	68
NÚMERO DE BALLENAS GRISES QUE VISITARON LAGUNA SAN IGNACIO	68
CONCLUSIONES	72
LITERATURA CITADA	74
ANEXO 1. PROTECCIÓN A LA BALLENA GRIS EN MÉXICO. CRONOLOGÍA DE ACCIONES LEGALES.	82
ANEXO 2. BITÁCORA PARA EL REGISTRO DE AVISTAMIENTOS Y FOTOGRAFÍAS DE BALLENA GRIS EN LAGUNA SAN IGNACIO, B.C.S.	83
ANEXO 3. PRUEBA A POSTERIORI DE DUNN, PARA EL ESTABLECIMIENTO DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LA DENSIDAD (BALLENAS/KM²) POR ZONAS Y CATEGORÍAS EN LAGUNA SAN IGNACIO, B.C.S. DURANTE LOS INVIERNOS DE 1996 Y 1997	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ruta Migratoria de la población americana de la ballena gris en el Pacífico nororiental. Se señalan las zonas de alimentación (sombreado) y las zonas de reproducción (recuadro).	3
Figura 2. Ubicación geográfica de la Laguna San Ignacio, B.C.S. En el recuadro derecho intermedio se muestra el área que abarca la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno, a la que pertenece esta laguna.	13
Figura 3. Batimetría de la Laguna San Ignacio, B.C.S., realizada por el Departamento de Geología de la Universidad Autónoma de B.C.S. durante 1998. La escala para las isobatas es en metros.	14
Figura 4. Ubicación del transecto y división geográfica de la Laguna San Ignacio (según Jones y Swartz, 1984) para la realización de censos.	16
Figura 5. Distribución de los observadores para la realización de conteos	17
Figura 6. Ejemplos de las marcas utilizadas para la individualización fotográfica en ballenas grises: de pigmentación natural (izquierda superior), de marcas de heridas (derecha superior), de marcas provocadas...	19
Figura 7. Ejemplos de recapturas por medio de fotografías durante 1996. Las fotografías de la izquierda corresponden a una madre con cría fotografiada por primera vez 10 de febrero y por segunda ocasión...	19
Figura 8. Premisa de la técnica de Darling y Morowitz (1986). En esta figura se representa gráficamente a una población finita de 250 individuos en total (línea punteada), número que se conocería hasta contar con...	22
Figura 9. Conteos totales de ballenas grises adultas en Laguna San Ignacio, enero-marzo 1996.	25
Figura 10. Conteos totales de madres con cría y solitarios en Laguna San Ignacio, enero-marzo 1996.	26
Figura 11. Comparación de la abundancia de madres con cría y solitarios en Laguna San Ignacio, enero-marzo 1996.	27
Figura 12. Conteos totales de ballenas grises adultas en Laguna San Ignacio, febrero-marzo 1997.	28
Figura 13. Conteos totales de madres con cría y solitarios en Laguna San Ignacio, febrero-marzo 1997.	28
Figura 14. Comparación de la abundancia de madres con cría y solitarios en Laguna San Ignacio, enero-marzo 1997.	29
Figura 15. Conteos totales de ballenas adultas en Laguna San Ignacio, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997.	30
Figura 16. Conteos totales de madres con cría en Laguna San Ignacio, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997.	31
Figura 17. Conteos totales de solitarios en Laguna San Ignacio, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997.	31
Figura 18. Comparación del comportamiento de la abundancia de ballenas grises por año y categoría durante 1996 y 1997.	32
Figura 19. Distribución de ballenas grises por área y categoría en Laguna San Ignacio durante 1996. De arriba hacia abajo tenemos la distribución en la zona superior, media e inferior como lo indica el mapa de la derecha de cada gráfica.	36
Figura 20. Distribución de ballenas grises por área y categoría en Laguna San Ignacio durante 1997. De arriba hacia abajo: zona superior, media e inferior como lo indica el mapa de la derecha de cada gráfica.	37
Figura 21. Estimación del área utilizable por las ballenas grises para cada zona de la Laguna San Ignacio. La línea punteada representa la isobata de los 2 m de profundidad.	39
Figura 22. Densidad de ballenas grises adultas (expresada en número de ballenas por km ²), en cada zona de la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.	41
Figura 23. Densidad de ballenas grises adultas (expresada en número de ballenas por km ²), en cada zona de la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1997.	41
Figura 24. Comparación de la densidad de las ballenas adultas, entre las zonas en que fue dividida la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.	42
Figura 25. Comparación de la densidad de las ballenas adultas, entre las zonas en que fue dividida la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.	44
Figura 26. Comparación de la densidad de las ballenas adultas, por año, categoría y zona, en la Laguna San Ignacio, B.C.S.	44
Figura 27. Distribución de frecuencias de la permanencia de ballenas grises por categoría en la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.	46
Figura 28. Distribución de frecuencias de la permanencia de ballenas grises por categoría en la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.	47
Figura 29. Comparación de la residencia de las ballenas adultas, entre categorías y años en la Laguna San Ignacio, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997.	48
Figura 30. Ejemplo de las simulaciones Montecarlo para la determinación de los intervalos de confianza (al 95%) por el método de los percentiles, de la estimación del número de madres con cría que visitaron Laguna San Ignacio...	52
Figura 31. Número de ballenas grises censadas durante las temporadas de 1978-82 (Jones y Swartz, 1984) y 1996-97 (este estudio). La flecha discontinua indica la fecha promedio del conteo combinado máximo para...	55
Figura 32. Abundancia máxima de ballenas grises en la Laguna San Ignacio, por categoría y año, (los datos de 1978-1982 y 1985 fueron tomados de Jones <i>et. al</i> , 1988).	57
Figura 33. Patrón de la distribución de las ballenas grises en la Laguna San Ignacio, por zona, categoría y año (1996 -1997). Horizontalmente está representada la proporción (%) de la abundancia respecto del total para cada zona y verticalmente el tiempo	63
Figura 34. Regresión lineal de la abundancia diaria de lanchas de observación turística y solitarios, en el área de observación turística (frente a Punta Piedra) de la Laguna San Ignacio, B.C.S., durante enero y febrero de 1997...	66

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Número de fotografías a tomar por clase de ballena y zona de la laguna (sol=solitarios; mc=madres con cría). _____	20
Tabla II. Número de ballenas grises por zona y categoría en Laguna San Ignacio durante 1996 (mc=madres con cría; sol=adultos solitarios) _____	24
Tabla III. Número de ballenas grises por zona y categoría (mc: madres con cría; sol: ballenas solitarias) en Laguna San Ignacio durante 1997. _____	28
Tabla IV. Número de ballenas grises adultas por zona y categoría, contadas mediante los censos efectuados en Laguna San Ignacio, B.C.S., durante las temporadas invernales de 1996-97 (mc=madre con cría; sol=solitarios). _____	35
Tabla V. Área estimada para cada zona en que fue dividida la laguna. Las superficies se presentan en km ² . _____	38
Tabla VI. Estimación de la densidad de ballenas adultas (ballenas por km ²) para cada censo realizado en Laguna San Ignacio durante el periodo de estudio (1996-1997). Los resultados están agrupados por las zonas en que fue dividida la laguna. ____	40
Tabla VII. Comparación pareada múltiple de Dunn, para la determinación de diferencias significativas en la densidad de ballenas grises adultas, entre las tres zonas en que fue dividida la Laguna San Ignacio durante el invierno de 1996. _____	42
Tabla VIII. Comparación pareada múltiple de Tukey, para la determinación de diferencias significativas en la densidad de ballenas grises adultas entre las tres zonas en que fue dividida la Laguna San Ignacio durante el invierno de 1997. _____	43
Tabla XI. Composición del catálogo fotográfico de ballena gris en la Laguna San Ignacio, B.C.S., durante 1996. _____	45
Tabla XII. Composición del catálogo fotográfico de ballena gris en la Laguna San Ignacio, B.C.S., durante 1997. _____	46
Tabla XIII. Comparación pareada múltiple de Dunn, para la determinación de diferencias significativas en la residencia de ballenas grises adultas entre categorías y años en la Laguna San Ignacio durante los inviernos de 1996 y 1997. _____	47
Tabla XIV. Categoría y permanencia de los individuos foto-recapturados, encontrados entre 1996 y 1997 en Laguna San Ignacio, B.C.S. _____	48
Tabla XV. Estimación del número de ballenas grises ($N_{calculada}$) por categoría, que visitaron la Laguna San Ignacio durante el invierno de 1997. También se indican los intervalos de confianza al <u>95%</u> , calculados por medio de simulaciones Monte Carlo. _____	51
Tabla XVI. Estimación del número de ballenas grises ($N_{calculada}$) por categoría, que visitaron la Laguna San Ignacio durante el invierno de 1997. También se indican los intervalos de confianza al <u>90%</u> , calculados por medio de simulaciones Monte Carlo. _____	51
Tabla XVII. Comparación entre los censos de ballena gris de “ida” y “vuelta” por medio de la prueba <i>t</i> , en Laguna San Ignacio durante el invierno de 1996. _____	53
Tabla XVIII. Número de ballenas grises registradas durante los conteos combinados máximos para los años de 1978-82, 85 y 1996-97. Se comparan los valores promedio, su desviación estándar y la diferencia entre ambos periodos. _____	56
Tabla XIX. Resumen histórico de la abundancia máxima de ballenas grises en la Laguna San Ignacio, por categoría y año, la zona inferior contiene a las zonas A y B, la media a la zona C y la superior a las zonas D, E y F. (los datos de 1978-1982 y 1985 fueron tomados de Jones <i>et. al</i> , 1994) _____	64
Tabla XX. Resumen histórico de la abundancia máxima de ballenas grises en la Laguna San Ignacio, por categoría y año, la zona inferior contiene a las zonas A y B, la media a la zona C y la superior a las zonas D, E y F. (los datos de 1978-1982 y 1985 fueron tomados de Jones <i>et. al</i> , 1994) _____	65
Tabla XXI. Categoría y permanencia de las recapturas encontradas entre 1996 y 1997 en Laguna San Ignacio, B.C.S. _____	67

GLOSARIO

Los siguientes términos se definen para efectos del presente trabajo.

Ballena: Nombre genérico de uso común que se da a los cetáceos que presentan barbas (ver misticeto).

Ballena gris: Nombre común del animal vertebrado perteneciente al orden de los Cetacea de la clase Mammalia.

Beaufort: es la escala de fuerza de viento que se asigna a través de la relación numérica basada en la observación de los efectos del viento sobre el agua, creada por Sir Francis Beaufort y seguida a partir de 1838.

Censos o conteos de ballenas: registro del número de animales que hubo en el área de estudio.

Conteo combinado máximo: número máximo de la suma de solitarios y hembras con cría contados en la temporada.

Cetáceo: Animales acuáticos del subfilo de los vertebrados de la clase Mammalia.

Eschrichtius robustus: de nombre común ballena gris, es el cetáceo perteneciente a la familia Eschrichtidae del suborden de los misticetos.

Filopatría: Fidelidad al sitio donde las ballenas grises llevan a cabo sus actividades de reproducción.

Fotoidentificación o fotomarcaje: Técnica de marcado no invasivo que utiliza las marcas naturales de los animales para identificarlos a través de fotografías.

Madre con cría: Ballena adulta que está acompañada de una cría

Misticeto: Cetáceo que se caracteriza por presentar placas córneas en forma de barbas o escobillas, con las que filtran su alimento.

Residencia: Tiempo de permanencia de las ballenas grises dentro de la laguna

Solitario: Ballena adulta que no está acompañada de una cría

Transecto: Línea imaginaria trazada previamente en una carta de navegación, con la finalidad de tener un rumbo preestablecido para recorrer en toda su longitud el área de estudio, durante la realización de los censos o conteos directos de ballenas.

RESUMEN

La ballena gris (*Eschrichtius robustus*), ha sido ampliamente estudiada en los diversos aspectos tanto de su biología, como de los relacionados con su distribución y abundancia actuales. En las lagunas que utilizan con fines reproductivos en México, se han llevado a cabo estudios por parte de investigadores nacionales y extranjeros, sin embargo el conocimiento actual del uso que hacen de estas lagunas es limitado. La Laguna San Ignacio, B.C.S., México, es considerada la tercera en importancia para las actividades de crianza y reproducción de la ballena gris, y en donde mejor se conoce el uso esta laguna por las ballenas grises para sus actividades de reproducción. Actualmente existen factores que han motivado preocupación en cuanto al impacto que puedan tener sobre estos cetáceos, sobre todo lo relacionado con el incremento en las actividades turísticas de observación. Debido a la necesidad de conocer la situación actual de las ballenas grises en esta laguna, el estudio realizado pretende aportar elementos para el conocimiento del uso que hacen las ballenas grises de la Laguna San Ignacio y comparar los cambios desde el último estudio 14 años atrás. Para estimar la abundancia y la distribución de las ballenas, se realizaron censos recorriendo la laguna en toda su longitud, la cual fue dividida en tres zonas (inferior, media y superior). En 1996 hubo un máximo de 207 ballenas adultas, de las cuales 92 fueron madres con cría y 115 solitarios (ballenas adultas sin crías), mientras que en 1997 se registraron 253 ballenas adultas como máximo dentro de la laguna (126 madres con cría y 127 solitarios). Los valores de abundancia actuales son inferiores a aquellos reportados durante 1978-82, sobre todo para las ballenas solitarias, sin embargo su distribución fue similar a lo largo de la temporada para ambas categorías. Durante los dos años de estudio las madres con cría utilizaron las zonas interiores de la laguna al principio de la temporada y las cercanas a la boca al final, a diferencia de los solitarios, los cuales prefirieron la zona inferior, para dar inicio a su partida de la laguna a la mitad de la temporada. Tanto en 1996 como en 1997, la zona superior fue la que presentó los menores valores de densidad (ballenas adultas por km²), mientras que la zona inferior tuvo los valores significativamente más altos. Mediante la técnica de fotoidentificación se estimó la residencia y la filopatría de las ballenas, donde las madres con cría permanecieron 19.1 ± 4.9 días en la laguna (I.C. 95%) en 1996 y 19.7 ± 3.6 en 1997, mientras que los solitarios de 2.6 ± 1 en 1996 y 6.3 ± 3.2 en 1997. Los valores filopatría fueron muy bajos. Utilizando las recapturas se estimó que un total de 248 madres con cría (de 211 a 293, I.C. 90%) visitaron la laguna durante 1997, mientras que la estimación para los solitarios fue de 2,573 (de 1,346 a 9,073). Hubo un decremento del 49% durante estos años en el número de los solitarios. Las madres con cría no mostraron un decremento tan importante. Al comparar los valores de distribución, se observó que hubo decrementos importantes en los valores de la densidad promedio en la zona inferior hasta de 4.27 ballenas por km². El tiempo de residencia de las madres con cría fue significativamente mayor al de los solitarios en ambos años. La estimación para el caso de las ballenas solitarias sugiere que más de un 12% de la población de ballena gris del Pacífico nororiental utiliza la laguna para realizar sus actividades de reproducción.

ABSTRACT

The gray whale (*Eschrichtius robustus*), has been studied extensively in many aspects of its biology, as of them related to its distribution and present abundance. In their breeding lagoons in Mexico, studies from foreign and national investigators have been carried out, nevertheless the present knowledge of the use of these areas is still limited. San Ignacio Lagoon in B.C.S., Mexico, is considered the third in importance for the breeding activities of the gray whale, and where better known the use of this area. At present there are factors that have motivated worry about the impact that can have on these whales, mostly those related to the increment in the whale watching activities. Due to the need to know the present situation of the gray whales in this lagoon, our study intends to contribute elements for the knowledge of the use of San Ignacio Lagoon for gray whales and to know those aspects in which changes have occurred since the last study 14 years ago. In order to determine the abundance and distribution of the whales, surveys were made traveling through the lagoon in all its length, which was divided into three zones (lower, middle and upper). In 1996 there was a maximum of 207 adult whales, of which 92 were mothers with calves and 115 single whales (adult whales without calves), while in 1997 253 adult whales were registered (126 mothers with calves and 127 single whales). The present values of abundance are lower than those reported during 1978-82, mainly for the single whales, nevertheless its distribution was similar along the season for both categories. During the two years study the mothers with calves utilized the interior (upper) zone of the lagoon at the beginning of the season and the lower at the end, as opposed to the single ones, which preferred the lower zone, and start their departure of the lagoon at half of the season. In 1996 as in 1997, the upper zone were the one that presented the smaller values of density (adult whales by km²), while the lower zone had the significantly higher values. Using photoidentification techniques the duration of stay and filopatry of the whales was estimated, where the mothers with calves stayed 19.1 ± 4.9 days in the lagoon (I.C. 95%) in 1996 and 19.7 ± 3.6 in 1997, while the single whales stayed 2.6 ± 1 days in 1996 and 6.3 ± 3.2 in 1997. The filopatry values were very low. Utilizing the recaptures we estimate that a total of 248 mothers with calves (from 211 to 293, I.C. 90%) visited the lagoon during 1997, while the estimation for the singles was of 2,573 (from 1,346 to 9,073). There was an important decrement in the number of single whales with a 49% less in the lagoon during these years. The mothers with calves did not an important changes neither abundance nor distribution. For the comparison of the distribution patterns, we observed that there was an important decrement in the density values in the lower zone as high as 4.27 whales by km². The significantly greater times of duration of the stay for the mothers with calves than those for the single whales in both years, supports the previous investigations. The estimation for the single whales suggests that more than 12% of the northeastern Pacific gray whale population utilizes the lagoon for its breeding activities.

INTRODUCCIÓN

Debido al acentuado interés por el conocimiento del estado actual de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) en las lagunas donde llevan a cabo sus actividades de reproducción, sobre todo por el impacto real y potencial de las diversas formas en que se está explotando este recurso y su hábitat, diferentes organizaciones científicas nacionales e internacionales han manifestado su interés y preocupación por la realización de estudios encaminados al manejo adecuado de este recurso.

De la misma manera, algunos sectores gubernamentales, tanto de México (Instituto Nacional de la Pesca-INP e Instituto Nacional de Ecología-INE), como de los Estados Unidos (Servicio Nacional de Pesquerías Marinas-NMFS), están de acuerdo en que se deben apoyar y trabajar conjuntamente para la conservación de esta especie.

Durante 1978-1982, el Dr. Steven Swartz y sus colegas realizaron estudios sistemáticos acerca del uso que hacían las ballenas grises de la Laguna San Ignacio, B.C.S., con algunas visitas esporádicas en 1984 y 1985. Desde esas fechas no se había realizado ningún otro monitoreo de la especie en esta zona, a pesar que estos autores la clasificaron como la segunda en importancia dentro de las zonas en donde realizan sus actividades reproductivas.

Fue hasta 1996 cuando se planteó un nuevo estudio, con la finalidad de replicar e incrementar los estudios del Dr. Swartz 14 años atrás, para comparar si el uso que las ballenas grises le dan a esta zona era similar o había cambiado.

ANTECEDENTES

La Ballena Gris, *Eschrichtius robustus*, es la única especie de su familia y una de las doce especies de ballenas con barbas conocidas en el mundo (Anónimo, 2003). Esta especie habita actualmente sólo en el Pacífico Norte, aunque el registro fósil indica que alguna vez habitó en el Atlántico Norte (Barnes y McLeod, 1984; Mead y Mitchell, 1984). Actualmente está representada por dos poblaciones; la casi extinta población asiática y la población americana (Rice y Wolman, 1971).

La población americana realiza migraciones de más de 8,000 km, en grupos segregados por sexo y edad, siguiendo la línea de costa desde los mares de Bering y Chukchi hasta la porción sur de la Península de Baja California (Figura 1). En general, sus áreas de alimentación son aguas someras menores a los 50 m de profundidad (Mitchell y Ware, 1989). En la actualidad se reconocen tres zonas de alimentación: la primera desde el sur del Mar de Chukchi hasta el norte del Mar de Bering, donde se alimenta de anfípodos (*Ampelisca macrocephali*); la segunda se localiza al sur del Mar de Bering y al este de la Península de Alaska, donde sus principales presas son camarones y misidáceos; la tercera desde las periferias de las primera y segunda, hasta la Península de Baja California, donde se puede alimentar de anfípodos, miscidáceos y algunas formas de poliquetos (Kim y Oliver, 1989).

Las principales concentraciones de ballenas grises en aguas mexicanas, se encuentran a lo largo de la costa occidental de la Península de Baja California, en el complejo lagunar Ojo de Liebre-Guerrero Negro, Laguna San Ignacio y el complejo lagunar de Bahía Magdalena-Bahía Almejas (Figura 1). Las características ecológicas de estas áreas, presumiblemente ofrecen ventajas ecológicas para que estas ballenas lleven a cabo sus actividades de reproducción y crianza (Rice y Wolman, 1971). Sin embargo, también se han observado en el Golfo de California, tan al norte como Puerto Peñasco (Gilmore y Ewing, 1954; Gilmore, 1960a; Gilmore *et al.* 1967; Vidal, 1989).

Esta especie fue cazada de manera muy intensa durante el siglo XIX y principios del XX, principalmente por balleneros estadounidenses, noruegos, ingleses y rusos. Henderson (1984), estimó que de 1846 a 1874 se cazaron aproximadamente 7,200 ballenas grises en Baja California, principalmente en las bahías y estuarios del complejo lagunar de Bahía Magdalena, pero conforme disminuyó el número de ballenas en esta zona, los cazadores utilizaron las Lagunas de San Ignacio y Ojo de Liebre. La aparición de los barcos fábrica de la era moderna, permitió que después de una disminución considerable en la caza de las ballenas grises a fines del siglo pasado, esta actividad se reactivara en Baja California, sobre todo a

manos de los noruegos, quienes tuvieron la autorización del gobierno mexicano para operar en la Bahía Magdalena, desde 1913 hasta 1937 (Reeves, 1984).

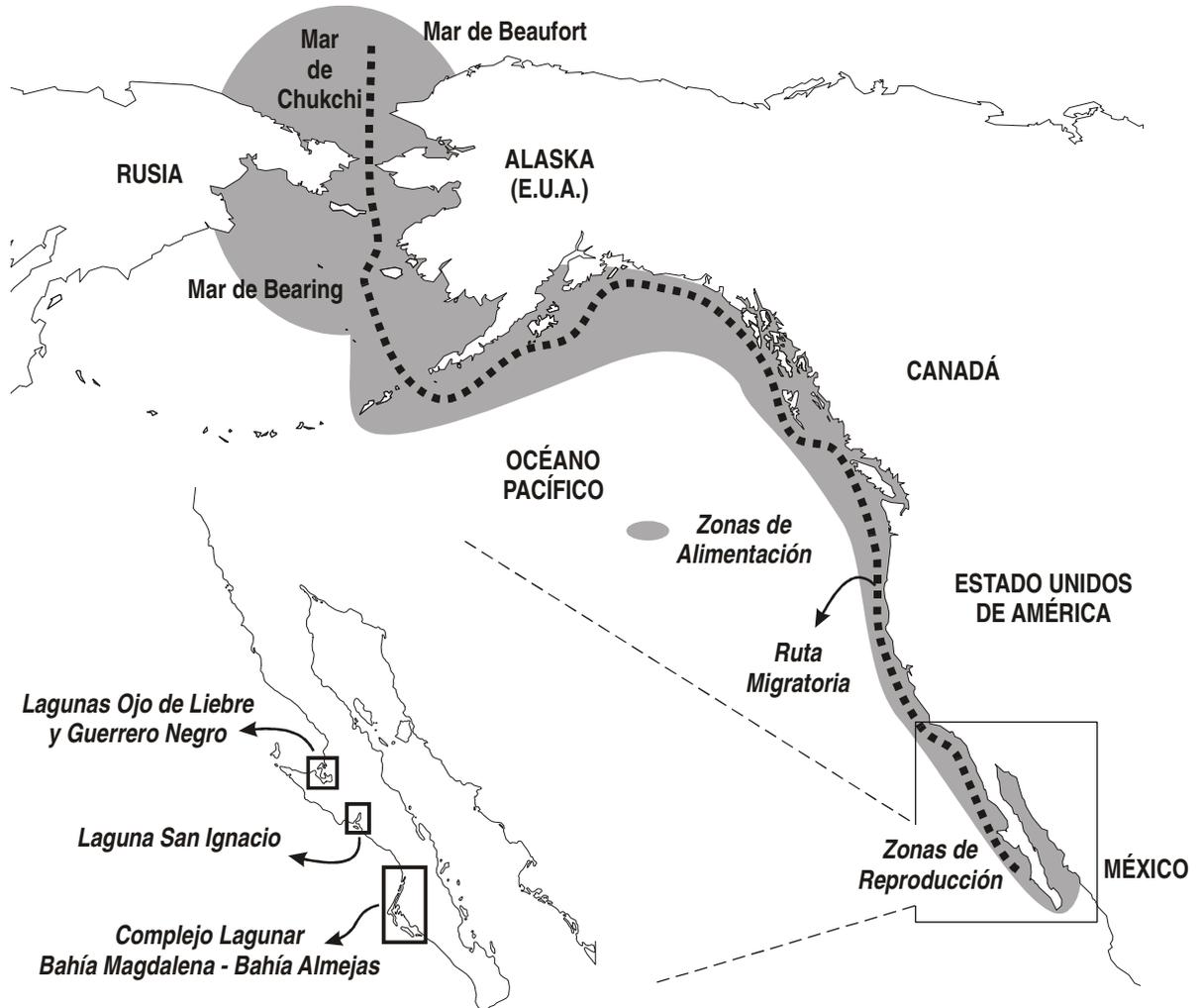


Figura 1. Ruta Migratoria de la población americana de la ballena gris en el Pacífico nororiental. Se señalan las zonas de alimentación (sombreado) y las zonas de reproducción (recuadro).

Desde la década de los años 1930, la ballena gris se encuentra protegida internacionalmente a través de la Comisión Ballenera Internacional (IWC: International Whaling Commission), de la que México forma parte (Reeves, 1984). La extraordinaria rapidez con que su número se ha incrementado a partir de su protección, le ha valido a la política conservacionista de México reconocimientos internacionales, particularmente por la protección de esta especie en sus lagunas de reproducción en la costa occidental de la Península de Baja California. Las lagunas de Guerrero Negro, Ojo de Liebre y más recientemente la de San Ignacio, han sido objeto de diferentes decretos y categorías de áreas protegidas,

desde santuarios hasta reservas de la biosfera a partir de 1972 (Anónimo, 1972a; 1972b; 1979; 1980; 1988) como se muestra en el Anexo 1. Esta política, sin duda ha contribuido a la recuperación numérica de la especie. Actualmente su población se estima en más de 20,000 ballenas, que presumiblemente es un número similar al que presentaba antes de su explotación comercial (Buckland *et al.*, 1993).

La ballena gris ha sido ampliamente estudiada en diversos aspectos tanto de su biología, como de los factores relacionados con su distribución y abundancia actuales. El comportamiento netamente costero que estos animales presentan, tanto en sus zonas de alimentación como de reproducción, es una situación que facilita en gran medida su estudio.

El primero en reconocer la importancia de las lagunas de la península de Baja California en México como zonas donde las ballenas grises realizan sus actividades reproductivas, fue Charles M. Scammon en 1846, sin embargo desde su escrito de 1874, no se efectuaron estudios de esta especie durante la temporada invernal hasta 1952 (Rice *et al.*, 1981). Fue a partir de este año, que se comenzaron a realizar los primeros censos de ballena gris (Gilmore, 1960a; 1960b). Este último marcó la pauta para el inicio de las investigaciones sobre esta especie de misticeto, entre las cuales destacan las realizadas por Rice (1961; 1965), Rugh y Braham (1979) y Rice *et al.* (1981), quienes efectuaron censos a lo largo de su trayecto migratorio. Además, Berdegué (1956) y Adams (1968), realizaron censos desde embarcaciones en las áreas donde se reproducen, mientras que Hubbs y Hubbs (1967), Gard (1974) y Leatherwood (1974), efectuaron censos aéreos a lo largo de estas mismas zonas. Tanto Gilmore y Ewing (1954), como Eberhardt y Norris (1964), realizaron estudios de natalidad y mortalidad; Rice y Wolman (1971) sobre la biología de la especie y Samaras (1974) sobre el comportamiento reproductivo de la especie. Fleischer y Beddington (1985), reportaron la abundancia estacional, mortalidad y tasa reproductiva de las ballenas grises en aguas mexicanas de 1980 a 1985.

Para la Laguna San Ignacio, la tercer laguna más importante para esta especie después de Laguna Ojo de Liebre y del compeljo lagunar Bahía Almejas-Bahía Magdalena (Jones y Swartz, 1986), las primeras noticias que se tienen acerca de la distribución y abundancia de ballenas grises, es la publicada por Rice y Wolman (1971) y por Reeves (1977). Como parte de estudios más completos en esta laguna, Rice *et al.* (1981) hacen una descripción de los principales parámetros poblacionales de esta especie en aguas mexicanas.

El primer y más significativo estudio sistemático acerca de la demografía, distribución, abundancia y posible impacto por parte de las actividades de observación turística en la ballena gris en esta laguna, fue el realizado por Swartz y Cummings (1978), que posteriormente vieron continuidad en los trabajos de Swartz y

Jones (1979; 1980; 1981 y 1983); Jones y Swartz (1984; 1986) y Jones *et al.*, (1984). En estos trabajos, se presenta información detallada acerca de la distribución y abundancia, se definen zonas de apareamiento y zonas que las madres prefieren para el nacimiento y cuidado de sus crías. Sus resultados muestran un pico de abundancia a mediados de febrero y una clara segregación de ballenas adultas sin cría (en adelante: solitarios) respecto a las parejas de ballenas con cría (en adelante: madres con cría), ocupando diferentes partes de la laguna, siendo la característica principal la separación en la distribución entre unas y otras.

Además, Jones y Swartz (1984) realizaron una revisión retrospectiva de la abundancia en Laguna San Ignacio, en donde revisaron los censos aéreos realizados por Hubbs y Hubbs en 1947 y 1965 (1967), Gilmore en 1960 (1960a) y Gard de 1974 a 1976 (1974; 1978), y mostraron que a lo largo de esos 35 años, que hubo una tasa de incremento de 7.9%, similar a la encontrada por ellos mismos para el periodo 1978-84 (7.3%), lo que resultó en una curva exponencial de crecimiento anual. Cuando revisaron las estimaciones del crecimiento anual de la población realizadas en 1981, calcularon que la tasa de crecimiento para la laguna se encontraba 4.8% por encima de la estimada para la población en esos años (2.5%).

Para años más recientes, Richardson (1997) hizo una revisión de las estimaciones calculadas para principios de los noventas, en donde calcularon entre 23,109 y 21,000 ballenas con una tasa de incremento anual de la población de 3.29% entre 1967-68 y 1987-88, mientras que para el periodo 1973-1994 se calculó una tasa de incremento de 4.7%, considerando probable que la población de ballena gris estuviera en esos años, por encima de su nivel de 1846 y probablemente cerca de la capacidad de carga del sistema. En la revisión del *status* de la población de ballena gris realizada por Rugh *et al.* (1999), estos autores mencionan que la estimación de la población realizada para 1995-96 fue de 22,263, mientras que para 1997-98 fue de 26,635 ballenas, con una capacidad de carga del sistema de 37,364 ballenas, es decir 10,000 ballenas más de lo calculado anteriormente. Wade y DeMaster (1996) por medio del uso de métodos bayesianos, realizaron estimaciones del punto de equilibrio de la población que fluctuó de 24,000 a 32,000 ballenas para esos años.

Entre los principales estudios en los que se ha utilizado la fotoidentificación como una herramienta para la individualización de las ballenas grises, y a partir de ello determinar algunos parámetros biológicos de las mismas, destaca el realizado por Jones (1985) en el cual estima que el tiempo que permanecen los adultos solitarios en la Laguna San Ignacio (residencia) es al menos 3 veces menor que el de las madres con cría, además que existe un entre las lagunas Ojo de Liebre y Bahía Magdalena. Esta misma investigadora estimó el ciclo reproductivo de la ballena gris a través de las recapturas fotográficas en Laguna San Ignacio en aprox. 2.1 años (Jones, 1990). En Pudget Sound, Seattle, Whashington, E.U.A., Calambokidis *et al.* (1994) también

utilizaron esta técnica para estimar la residencia y el tamaño de la agregación de las ballenas grises en esta zona de alimentación, en donde estimaron un tiempo de permanencia promedio de 47 días.

Con la finalidad de conocer los movimientos de las ballenas grises en Laguna San Ignacio, así como su comportamiento respiratorio y de buceo, Mate y Harvey (1981; 1984), realizaron experimentos de radio marcado, los que mostraron movimientos diurnos en dirección norte y nocturnos en dirección sur de las ballenas dentro de esta laguna, así como patrones de buceo en general con tiempos en superficie relativamente cortos. Actualmente se están llevando a cabo otros estudios de telemetría utilizando marcas de seguimiento por satélite (Mate *et al.*, 2002).

También se realizaron otros estudios con ballenas grises en la laguna, para determinar la reacción a diferentes tipos de sonidos (Dalheim, 1983; 1985; Dalheim *et al.*, 1984), que mostraron una reacción positiva y variable a diferentes fuentes de sonido como: sonidos de motores de embarcaciones, sonidos de bombeo de agua y vocalizaciones de orcas.

Recientemente Dedina y Young (1995) realizaron estudios para evaluar el impacto negativo que las actividades turísticas y las probables industriales, pudieran tener sobre la modificación del hábitat de la ballena gris en Laguna San Ignacio, encontrando en general que ambas actividades tienen un potencial efecto negativo, debido principalmente a una carencia de información adecuada sobre los recursos naturales en estas zonas, así como a la ausencia de fondos para la conservación, razón por la que no existían hasta la fecha del estudio medidas de manejo que pudieran evitar el efecto negativo.

JUSTIFICACIÓN

De las cuatro lagunas de crianza y apareamiento de la ballena gris en el Pacífico oriental, la Laguna San Ignacio es la única que aun se mantiene prácticamente inalterada por la intervención humana (Dedina y Young, 1995). Esto es debido, principalmente, a la ausencia de comunidades permanentes y caminos pavimentados que han restringido sus potenciales de desarrollo. Esta laguna se encuentra ubicada dentro de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, lo que le confiere una situación especial en cuanto a la administración y las acciones de conservación de los recursos que en ella habitan temporal o permanentemente. Antes de la declaración de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, Laguna San Ignacio ha sido objeto de varios decretos y declaratorias que le han conferido estados especiales (desde zonas de refugio para ballenas y ballenatos, hasta Patrimonio Mundial Cultural y Natural de la Humanidad por la ONU), con la finalidad principal de contribuir a la protección de las ballenas grises que llegan cada invierno a efectuar sus actividades reproductivas y de las aves migratorias que utilizan esta zona.

Desde la década de 1970, la Laguna San Ignacio ha tenido un incremento constante de visitantes con interés en la observación de la ballena gris, provocando un aumento en el número de los prestadores de este servicio. Durante la temporada 1993-94 trabajaron en dicha laguna cinco campamentos turísticos, seis barcos con base en San Diego, CA, y dos “cruceiros” de una compañía con base en Seattle, Washington (Dedina y Young, 1995). Actualmente operan alrededor de 25 empresas prestando el servicio de observación turística de ballenas grises en las lagunas de reproducción. Entre estos podemos encontrar desde microempresas familiares que prestan el servicio a los turistas que visitan la laguna por su propia cuenta, hasta medianas empresas turísticas que ofrecen paquetes enfocados principalmente a la captación del turismo extranjero de alta capacidad económica. La derrama económica que genera esta actividad en el estado para la Laguna San Ignacio fue estimada en 1.6 millones de dólares por 1,500 turistas, durante 1994 (Young y Dedina, 1994). Sánchez-Pacheco (1997a) estimó la visita de un total de 28,484 turistas a las lagunas mexicanas para la observación de ballenas grises, de los cuales el 17% fueron mexicanos y el 66% norteamericanos. Esta cifra nos da una idea del notable crecimiento de la industria turística de la observación de ballenas en los últimos años, si comparamos las cifras con las estimadas para 1994 en dos de las zonas de agregación.

La propuesta de un Programa Nacional de Investigación de los Mamíferos Marinos realizada por la Sociedad Mexicana para el Estudio de los Mamíferos Marinos, A.C. en 1989, incluye el estudio integral de la ballena gris y su entorno, como una de las prioridades nacionales (Aurioles *et al.* 1993). Más recientemente, como resultado de la Mesa Redonda sobre la Ballena Gris realizada durante la XX Reunión

Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, se subrayó la importancia que tienen los estudios que se plantearon en este proyecto para la conservación de la especie (Anónimo, 1995). Finalmente, durante la XLVI Reunión Anual de la Comisión Ballenera Internacional, se manifestó la preocupación por el futuro de la ballena gris en sus lagunas de reproducción, debido al incremento turístico e industrial (Anónimo, 1996)

Hasta marzo de 2000, existieron planes para que la Compañía Exportadora de Sal, S.A. (ESSA), industria paraestatal que produce sal en el área circundante a la Laguna Ojo de Liebre, extendiera sus operaciones de extracción de sal hacia los salitrales naturales que rodean la parte norte de la Laguna San Ignacio, situación que creó muchas expectativas en diferentes sentidos y un creciente interés de diversos sectores académicos, gubernamentales y de la sociedad en general, sobre los efectos negativos que podría tener este tipo de desarrollo en la ecología de la laguna y particularmente en las actividades de reproducción que realizan las ballenas grises en esta zona.

Por tales motivos, fue muy importante determinar si el uso que las ballenas hacían de esta laguna se ha modificado, y de esta manera tener la perspectiva actual sobre la forma en que utilizan la laguna, para que en caso de observar cambios importantes respecto a estudios previos, no atribuirlos a los efectos de las actividades planeadas en la zona.

Resultados derivados de este estudio se han considerado en el Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (SEMARNAT, 2000) y en el diseño de la Norma Oficial Mexicana para la observación de ballenas: NOM-131-ECOL-1998 (Anónimo, 2000; Urbán *et al.* en prensa), la cual se ha visto enriquecida de los resultados obtenidos en estos estudios, pues se participó directamente en la revisión y modificación de la misma, hasta su estado actual.

Con base en los estudios realizados en esta laguna se esperaría, de acuerdo con la tendencia de incremento constante de la abundancia observada durante 1978-1982: que en el periodo 1996-1997 (que se analiza en el presente trabajo) esta abundancia fuera mayor y que el mayor número de ballenas afecte la forma en que ocupan actualmente esta laguna (distribución espacio-temporal). Además podríamos esperar que exista cierto grado de fidelidad a la laguna (filopatría) por parte de las ballenas, la cual sería más marcada para las hembras, por ser estas zonas áreas de crianza con características especiales.

El acercamiento a las respuestas de los planteamientos vertidos, aportará elementos que ayuden a comprender el papel de la Laguna San Ignacio dentro del ciclo de vida de esta especie y nos encaminen

hacia la evaluación de la importancia que representa para la población de la ballena gris del Pacífico nororiental, poniendo especial interés en las características que guarda actualmente y en los cambios que se han presentado desde entonces.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el uso de la Laguna San Ignacio por las ballenas grises, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997 y compararlo con el de estudios previos (1978-1985).

Objetivos específicos

- Determinar la abundancia de las ballenas grises en Laguna San Ignacio durante las temporadas de estudio, discriminando entre madres con cría y solitarios.
- Caracterizar la distribución espacio-temporal de las ballenas en la laguna.
- Estimar el tiempo que permanecen las ballenas en esta laguna (residencia).
- Estimar la fidelidad de las ballenas grises a la laguna durante el período 1996-1997.
- Estimar el número de ballenas grises que visitaron la laguna a lo largo de la temporada invernal de 1997.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

La Laguna San Ignacio, en la costa occidental de la Península de Baja California, es una laguna costera semiestuarina del Desierto de El Vizcaíno (Figura 2). Está localizada dentro de una planicie costera, rodeada por tres cadenas montañosas. Su boca se abre a la Bahía de Ballenas en los 26°45' N, y está protegida del océano abierto por la Isla Ana. Su costa está compuesta por playas arenosas, conglomerados de roca, conchas, manglares, pantanos y planicies de lodo y sal (Dedina y Young, 1995).

La Laguna y el océano se encuentran comunicados mediante una red de canales, los cuales son mantenidos por la acción de fuertes corrientes de marea, razón por la cual las propiedades de las aguas de la laguna son diferentes de las propiedades de las del océano abierto. Estas diferencias se acentúan con la distancia hacia el interior de la laguna. Los procesos principales que afectan la circulación dentro de la laguna son la evaporación, el bombeo de marea y la fuerza del viento (Winant y Gutiérrez de Velasco, 1999).

El interior de la laguna tiene una cuenca y un sistema de canales separados por bajos, muchos de los cuales afloran durante las mareas bajas. La mayor parte de la laguna es somera y sus profundidades varían desde los 20 m cerca de la boca de entrada, hasta los 2 m en su porción más interna. Las planicies de lodo en la costa restringen a las ballenas a las zonas centrales, ya que a pesar de que la superficie de la laguna es de 152, km² sólo cerca de 87 km² (57%) es suficientemente profundo (>2 m) para las ballenas (Figura 3). En el extremo norte de la laguna, denominado El Remate, el viento sopla persistentemente hacia el sur y genera patrones de circulación que son responsables de la mezcla. Los vientos dominantes en el invierno son los del Norte y Suroeste. No es extraño que la velocidad del viento cambie de 0 a 35 km/hr en menos de 30 minutos, el clima es árido con una precipitación anual de 56 mm que se da principalmente en el invierno, no hay escurrimientos o arroyos de agua dulce (Jones *et al.* 1984). Las mareas semidiurnas varían de 0.9 a 2.4 m, causando fuertes corrientes turbulentas en la cuenca y los canales (Swartz y Jones, 1981), así como cerca de la boca de la laguna, donde estas vigorosas corrientes de marea actúan como un agente de mezcla.

Debido a las altas tasas de evaporación que caracterizan a la región, la Laguna San Ignacio se encuentra en la categoría de las lagunas hipersalinas, o lagunas en donde la salinidad (y por lo tanto la densidad) es generalmente mayor que en el océano adyacente. En una laguna hipersalina típica, esta



diferencia de densidad es un factor primordial en el proceso de intercambio de agua: El agua más salada y densa es transportada por el fondo hacia el océano, mientras que agua relativamente más fresca y ligera es transportada hacia el interior de la laguna al nivel superficial. La salinidad en El Remate durante el invierno alcanza 40‰, mientras que durante el otoño se reduce a 39‰, con una disminución gradual hacia la boca. La salinidad de la laguna varía como resultado de los cambios estacionales en la evaporación y en la mezcla inducida por la marea o el viento (Winant y Gutiérrez de Velasco, 1999)

La Laguna San Ignacio provee el hábitat para un número importante de plantas y animales terrestres y marinos, algunos de las cuales se encuentran amenazados como la tortuga prieta *Chelonia agassizi* (Galina *et al.* 1991). Las aguas someras y manglares son hábitat importante para aves playeras (Wilbur, 1987). El manglar rojo (*Rhizophora mangle*), está localizado a lo largo de la ribera sur de la laguna y a lo largo de la costa sureña de la porción norte de la laguna, desde Punta Carey hasta Punta Piedra (Dedina y Young, 1995).

Los principales campamentos turísticos se encuentran distribuidos a lo largo del margen oriental de la laguna (Figura 2), algunos de ellos ubicados en los campamentos pesqueros permanentes como son: La Laguna, La Base y La Freidera; mientras que el resto se levantan únicamente para la temporada turística cada invierno.



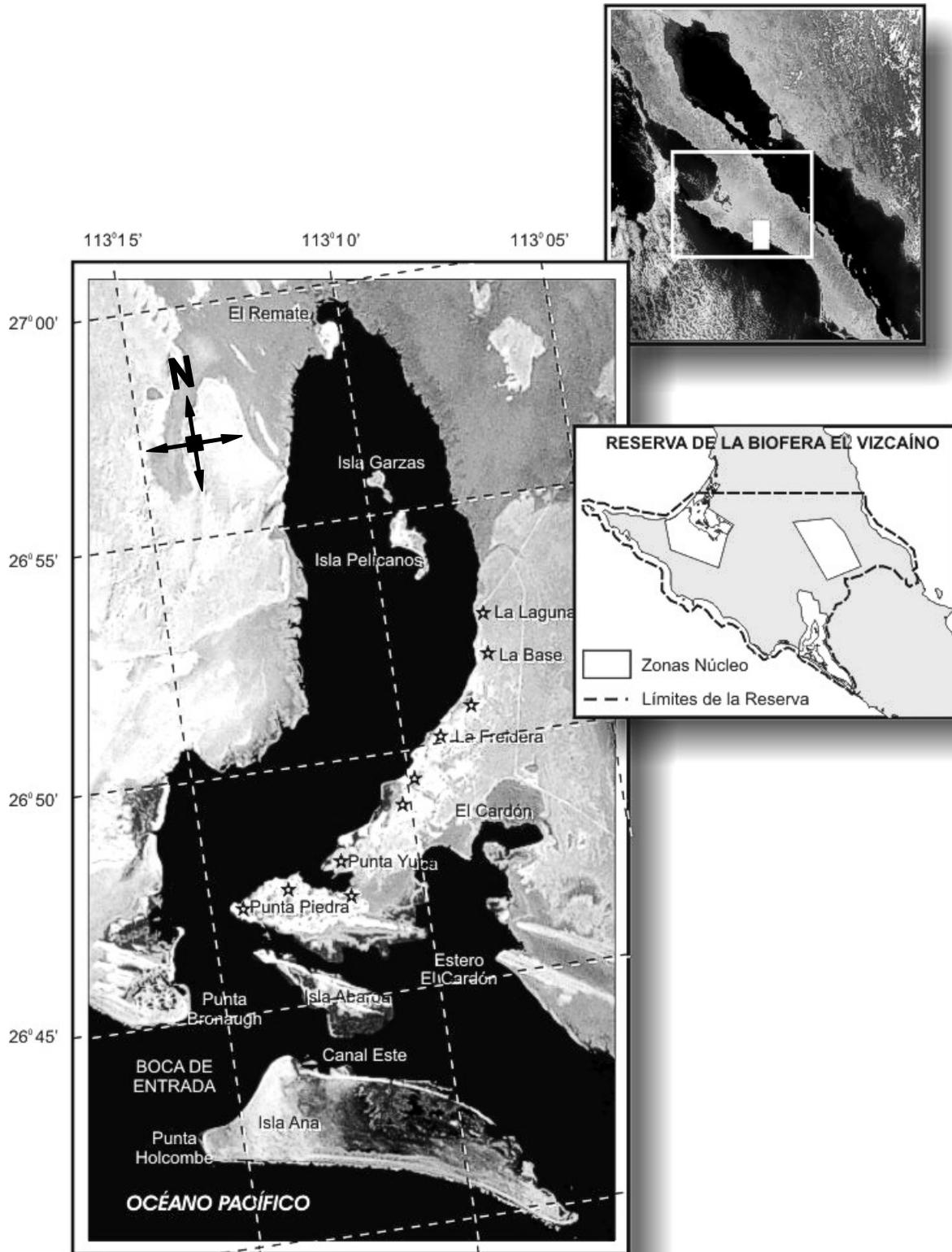


Figura 2. Ubicación geográfica de la Laguna San Ignacio, B.C.S. En el recuadro derecho intermedio se muestra el área que abarca la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno, a la que pertenece esta laguna. ☆ = campamentos de observación turística de ballenas.



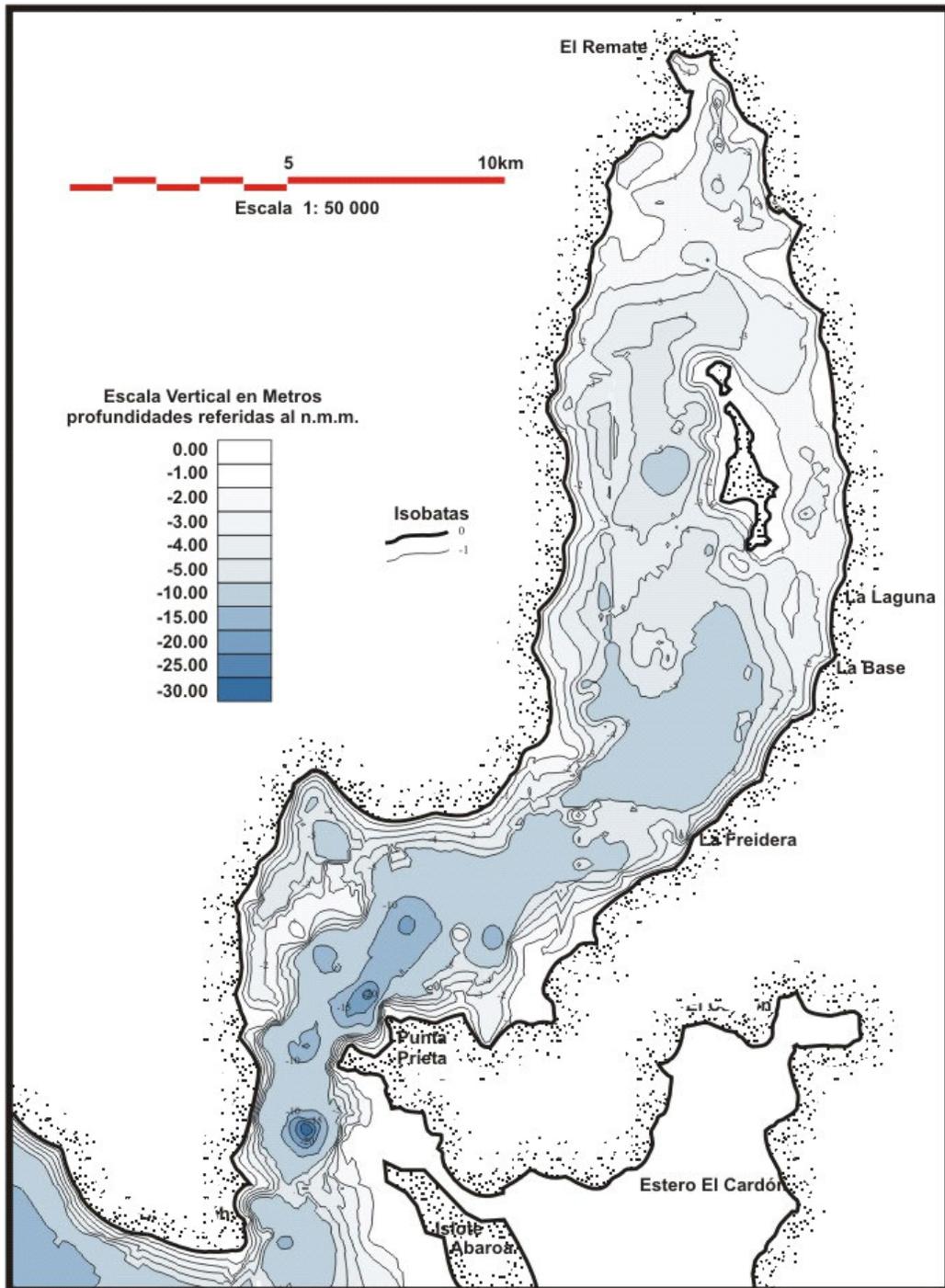


Figura 3. Batimetría de la Laguna San Ignacio, B.C.S., realizada por el Departamento de Geología de la Universidad Autónoma de B.C.S. durante 1998. La escala para las isobatas es en metros.



Abundancia y distribución

Para realizar los estudios de distribución y abundancia, se utilizó la metodología de conteos directos de ballenas grises en la laguna propuesta por Jones y Swartz (1984), durante sus estudios en esta laguna en los años 1978 a 1982. El período de estudio también fue similar: el inicio a mediados de enero y el término a finales de marzo.

Los conteos fueron realizados a bordo de embarcaciones de 6 a 7 m de eslora con motor fuera de borda de 55 a 75 Hp., viajando a una velocidad media aproximada de 11 km/h, que impidió un doble conteo de la misma ballena (las cuales viajan regularmente a velocidades de 4 a 8 km/h). Al mismo tiempo, esta velocidad no fue tan alta como para perder alguna ballena que se encontrara debajo de la superficie del agua en el momento en que la embarcación transitara en la zona, ya que siempre hubo oportunidad de verlas en más de una ocasión.

Los conteos se realizaron a lo largo de una línea imaginaria (transecto) ubicada en el centro de la laguna, desde la boca hasta Isla Garzas en el extremo norte de la laguna (Figura 4). Al ser ambas costas visibles desde esta línea media, se aseguró que todas las ballenas que se encontraban en el área fueran contadas. La laguna fue dividida en tres zonas de acuerdo con los criterios establecidos por Jones y Swartz (1984), quienes tomaron características como la batimetría, naturaleza del fondo y vegetación circundante.

Al inicio o final del censo, dependiendo de la dirección de la navegación, la embarcación se ubicó en el centro del extremo norte de la laguna, donde se realizó una búsqueda por medio de un barrido en 360° del área durante 20 minutos, para contar a las ballenas que se encontraban en esta zona (Figura 4). Los recorridos se suspendieron cuando las condiciones del mar excedieron de Beaufort 2 (vientos mayores de 18 km/h y crestas con espuma ocasionales). Se procuró realizar al menos un recorrido cada 4 días, para observar con detalle las variaciones en la abundancia y distribución de las ballenas.



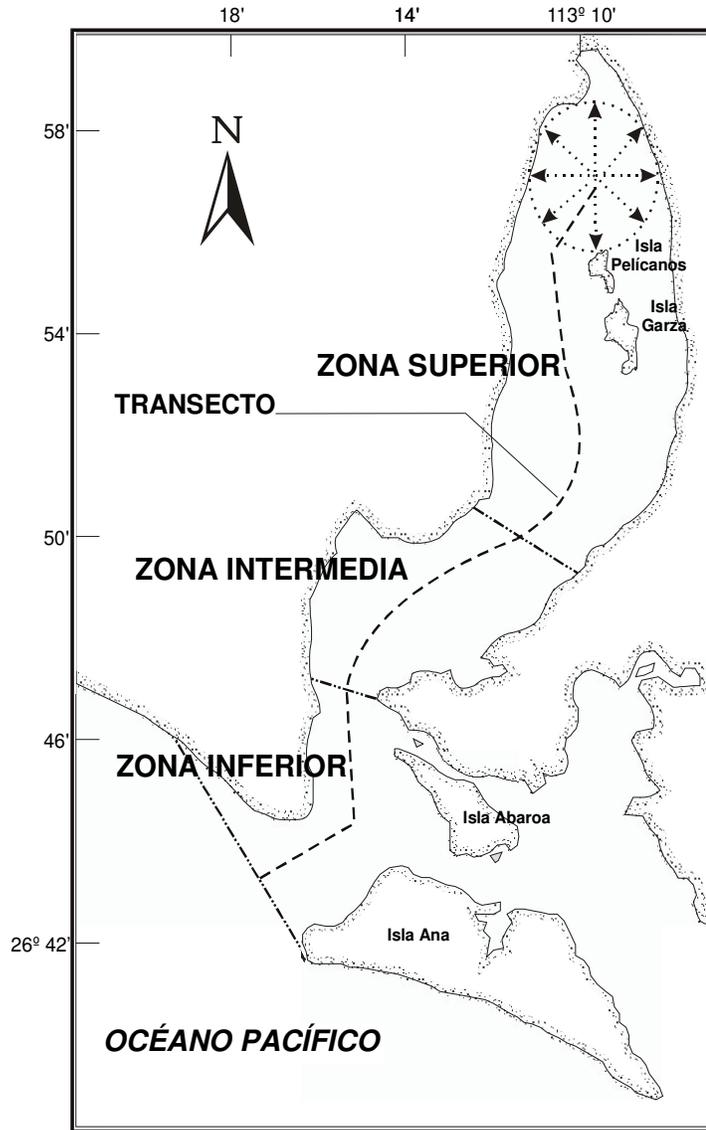


Figura 4. Ubicación del transecto y división geográfica de la Laguna San Ignacio (según Jones y Swartz, 1984) para la realización de censos.

La tripulación durante cada censo consistió en un lanchero, un observador a cada lado de la embarcación y un anotador (Figura 5). Para evitar el doble conteo, las ballenas avistadas fueron registradas hasta que se encontraban en línea perpendicular a la embarcación, discriminando entre madres con cría y solitarios. Cuando se tuvo alguna duda sobre la presencia de una cría, la ballena fue considerada como solitario. Además se registró la zona de la laguna, la hora inicial del transecto, la hora final, el número de madres con cría y número de solitarios, la hora exacta del avistamiento y las



condiciones ambientales (escala de Beaufort, dirección del viento y calidad de la visibilidad). Toda esta información fue registrada en libretas de campo y posteriormente ingresada en una base de datos digital.

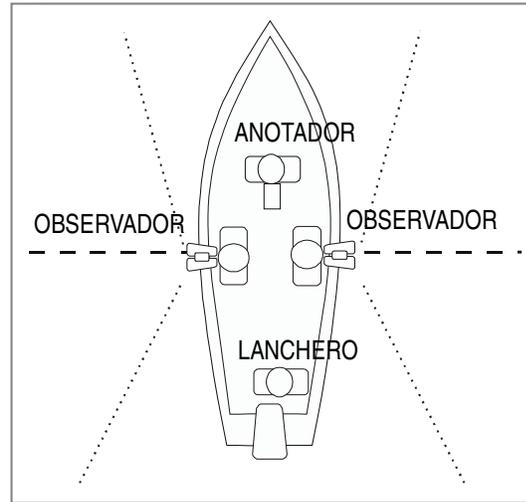


Figura 5. Distribución de los observadores para la realización de conteos

Para el análisis de la distribución y abundancia de las ballenas se consideró el total de las ballenas adultas, las madres con cría y los solitarios en cada una de las tres zonas establecidas

Debido a que la laguna está compuesta por un sistema de canales, una buena parte de su superficie son áreas muy someras, con profundidades de menores a los 2 m. Además, esta configuración de canales y zonas someras se presenta de distinta manera en cada zona. Por esta razón, y para realizar el análisis de la distribución de manera objetiva y poder comparar los cambios de la abundancia entre las distintas zonas, Jones y Swartz (1984) consideraron el área utilizable por las ballenas dentro de la laguna, como aquella con profundidades mayores a los 2 m., por lo que se estimó el área con una profundidad mayor a los 2 m, utilizando la batimetría realizada en 1998 por el Dpto. de Geología Marina de la UABCS.

Para este estudio, se estableció la duración de la temporada desde el primer día en que se registró una ballena hasta el último que se estuvo trabajando en la laguna. Durante 1996, la duración de la temporada para ballenas solitarias fue de por lo menos 65 días (17 de enero a 21 de marzo), ya que no fue posible conocer desde que día hubo ballenas en la Laguna, ni tampoco el día entre el 21 y 27 de marzo en que dejaron la Laguna. La duración de la temporada para las hembras con cría fue de por lo menos 70 días (17 de enero a 27 de marzo). Al igual que con las ballenas solitarias, se desconoce el día en que las hembras con cría arribaron por primera vez a la Laguna. Como el trabajo de campo finalizó el 28 de marzo, tampoco se determinó hasta cuando permanecieron en la Laguna.

Permanencia

Para estimar el tiempo de permanencia de las ballenas grises en la laguna durante cada temporada, se eligió la técnica de foto-marcaje (también conocido como foto-identificación) que permite identificar a los cetáceos individualmente, con una alteración mínima de su comportamiento y sin la necesidad de mutilarlos o provocarles heridas. Las ballenas grises poseen marcas individuales únicas, las cuales se usaron para documentar la presencia de individuos específicos. Estas marcas pueden ser de tres tipos: a) las de origen genético (falta de pigmentación); b) las producidas por la caída de ectoparásitos y c) las marcas provocadas por la interacción de esta especie con otros organismos o por heridas (Figura 6).

Con base en los criterios descritos por Bigg *et al.* (1986), para fotografiar esta especie, inicialmente se definió la dirección, velocidad de navegación y frecuencia de respiración de los organismos observados, con la finalidad de determinar la forma de aproximación al animal. Se procuró mantener una distancia razonable entre el animal y la embarcación, para no alterar su comportamiento inicial. Las fotografías para el fotomarcaje fueron tomadas en el momento en que la ballena mostró la mayor parte del costado (antes de la inmersión), abarcando el área deseada (parte media del cuerpo, incluyendo la aleta dorsal y los nódulos del pedúnculo caudal). Además, siempre que las condiciones lo permitieron, se tomó más de una fotografía por animal para asegurar al menos una con buena calidad (centrada, con buen foco y buena iluminación). Para ello, se utilizó película blanco y negro Ilford HP5-400 y cámaras reflex de 35 mm equipadas con lentes zoom de 75-300 mm.

Debido a que durante 1996 se tomaron fotografías de ambos lados del dorso de las ballenas, pero no fue posible para todas, se decidió concentrar nuestro esfuerzo en un solo lado, razón por la que la estimación de la permanencia se hizo a partir de las fotografías del lado derecho. Lo anterior debido a que las ballenas grises tienen un comportamiento alimenticio único, mediante el cual obtienen su alimento principalmente de organismos bentónicos, para lo cual “barren” el fondo con sus barbas, filtrando el fango del piso marino recostándose principalmente sobre el lado derecho (Nerini, 1984; Gordon y Bladridge, 1991), lo cual permitió suponer que había una mayor probabilidad de observar cicatrices en este costado.

Anexo a la toma de las fotografías, en una bitácora de campo se registró la fecha, hora, zona, condiciones ambientales, número de animales, categoría (ballena solitaria o madre con cría), así como el comportamiento para cada avistamiento, además de la información relativa al número de rollo y número



de exposiciones. Las fotografías fueron reveladas e impresas en el laboratorio utilizando técnica estándar (Anexo 2).

Posteriormente hubo una selección de las fotografías con el fin de determinar cuales integrarían el catálogo definitivo. Inicialmente se comparó cada una con el resto, para determinar las fotografías de cada individuo (identificación). Los animales fotografiados más de una vez en distintos avistamientos y días, fueron considerados como recapturas (Figura 7).

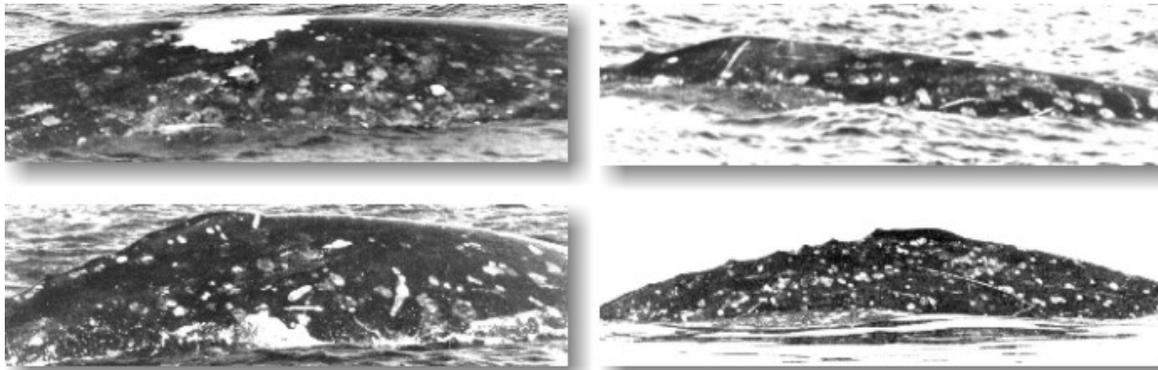


Figura 6. Ejemplos de las marcas utilizadas para la individualización fotográfica en ballenas grises: de pigmentación natural (izquierda superior), de marcas de heridas (derecha superior), de marcas provocadas principalmente por ectoparásitos (izquierda inferior) y de marcas provocadas por heridas y parásitos (derecha inferior).

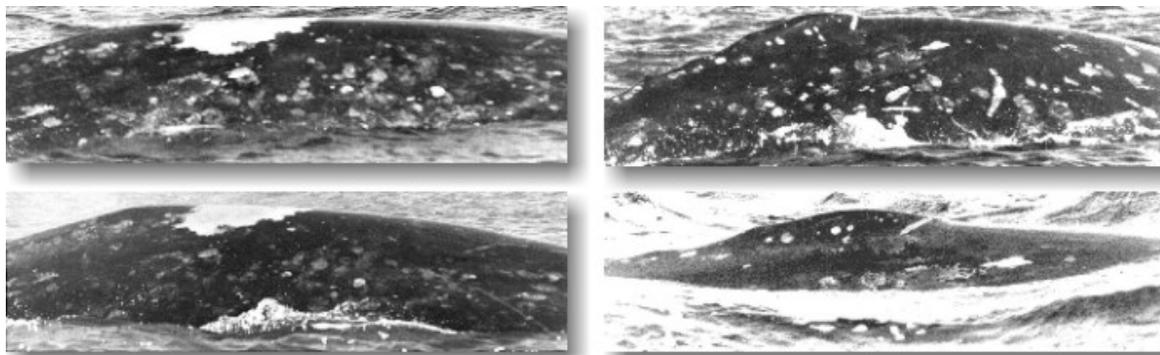


Figura 7. Ejemplos de recapturas por medio de fotografías durante 1996. Las fotografías de la izquierda corresponden a una madre con cría fotografiada por primera vez el 10 de febrero y por segunda ocasión el 3 de marzo. La fotografías de la derecha representan una recaptura de un solitario observado el 12 de febrero y recapturado el 16 de febrero.

El tiempo de permanencia de las ballenas grises dentro de la laguna se estimó calculando el tiempo transcurrido entre el primer avistamiento con fotografía de un animal en particular, hasta la fecha en que fue fotografiado por última vez en la misma temporada; esto fue realizado para ambos años. La permanencia estimada para cada ballena fue la mínima, pues es probable es que el animal haya llegado a la laguna días antes de la primera fotografía y se haya ido días después del último registro.

Debido a que la ocupación de la laguna por parte de las ballenas grises varía a lo largo de la temporada invernal (Jones y Swartz, 1984) y existe segregación por el tipo de grupo (madres con cría y solitarios), con la intención de tener un esfuerzo constante y representativo para cada grupo (Tabla 1), en 1997 se diseñó un muestreo sistemático y estratificado de acuerdo a los valores de abundancia por zona y categoría, en concordancia con los obtenidos en 1996, ajustándolos con los de 1997, realizando un mínimo de 2 navegaciones semanales para esfuerzo fotográfico

Tabla 1. Número de fotografías a tomar por clase de ballena y zona de la laguna (sol=solitarios; mc=madres con cría).

SEMANA	ZONA INFERIOR		ZONA INTERMEDIA		ZONA SUPERIOR		TOTAL
	sol	mc	sol	mc	sol	mc	
1	40	5	20	10	5	20	100
2	40	5	20	10	5	20	100
3	40	5	20	10	5	20	100
4	35	20	10	20	5	20	100
5	35	20	10	20	5	20	100
6	10	70	0	15	0	5	100
7	10	70	0	15	0	5	100
8	5	85	0	10	0	0	100
9	5	85	0	10	0	0	100

Filopatría de las ballenas grises a la Laguna San Ignacio

Para determinar si algunos individuos visitan la laguna en años consecutivos con el fin de establecer la fidelidad al área (filopatría), discriminando también entre madres con cría y solitarios, se compararon las fotografías de las temporadas de 1996 y 1997 y se determinó su proporción respecto al total de animales identificados por categoría.

Número de ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio

El número total de ballenas diferentes que visitaron la laguna fue estimado por medio del método de captura-recaptura mediante la foto-identificación. Únicamente se realizaron estimaciones para 1997, debido a que el diseño del muestreo se consideró más adecuado en este año (Tabla I).

Se utilizó el modelo propuesto por Darling y Morowitz (1986), con base en la tasa de descubrimiento de recapturas. Dicha técnica se basa en una premisa muy simple: si se tuviera una población infinita, en cada sesión de fotomarcaje, siempre se encontrarían nuevos individuos; pero al tratar con poblaciones finitas, la tasa de descubrimiento de individuos nuevos tendrá un descenso conforme se alcanza el número total de estos hasta alcanzar la situación de no tener más individuos nuevos, que ocurrirá una vez que se haya fotografiado a la totalidad de los mismos (Figura 8).

Al ser imposible tener fotoidentificado al número total de ballenas grises (individuos) que visitan la laguna, Darling y Morowitz (1986) propusieron la siguiente relación para modelar la tasa de descubrimiento de nuevos individuos:

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

donde:

y = es igual al número de nuevas ballenas

x = número de fotografías

N = el tamaño de la población (que en nuestro caso sería el número de ballenas grises que visitaron la laguna).

La estimación de N se realizó a través de un método iterativo utilizando valores empíricos de N hasta cumplir con la relación, con la ayuda de la función “solver” del programa Excel para computadora.



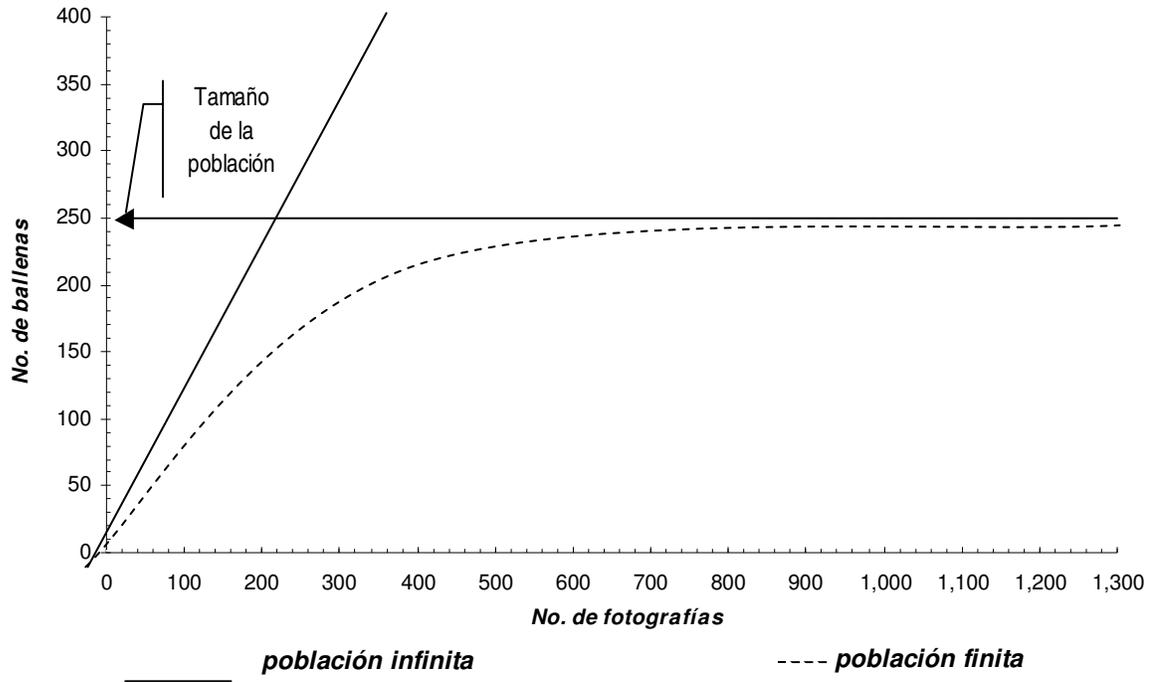


Figura 8. Premisa de la técnica de Darling y Morowitz (1986). En esta figura se representa gráficamente a una población finita de 250 individuos en total (línea punteada), número que se conocería hasta contar con alrededor de aproximadamente 1200 fotografías de no aplicar el método.

Al ser un método no paramétrico e iterativo, los intervalos de confianza de la estimación se calcularon utilizando un bootstrap no paramétrico, con el fin de realizar una serie de simulaciones Monte Carlo, con los cuales, mediante el remuestreo aleatorio a partir de los valores obtenidos en el campo, obtuvimos la variación natural del modelo de acuerdo con esos valores, tal como lo sugiere Buckland (1984).

Para lograr lo anterior, se realizaron por separado 1,000 y 2,000 simulaciones de la estimación. Se determinaron dos tipos de intervalos por medio del método de los percentiles, al 95% y al 90% de confianza. Los intervalos inferior y superior al 0.05 y al 0.95 para el intervalo al 95% de confianza y al 0.1 y 0.9 para la estimación al 90% de confianza.

Comparación estadística

Con la finalidad de comparar estadísticamente los resultados obtenidos, tanto de abundancia y distribución como de tiempo de permanencia, inicialmente se realizaron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas (Zar, 1996), para determinar el tipo de pruebas a utilizar.

Siempre que la distribución de frecuencias de los valores presentó una distribución normal y homogeneidad de variancias, las comparaciones fueron realizadas por medio de una prueba *t* cuando se compararon únicamente dos series de valores, o bien un ANOVA cuando fueron más de dos series de valores. En este último caso, se realizaron pruebas *a posteriori* de Tukey para determinar entre cuales series de valores hubo diferencias.

Cuando la distribución de frecuencias de los valores no se asemejó a una curva normal, o bien no hubo homogeneidad en sus varianzas, entonces se utilizaron análisis de variancia no paramétricos por rangos: el de Mann-Whitney cuando fueron únicamente dos series de valores y el de Kruskal-Wallis cuando la comparación fue realizada con más de dos series de valores. Para determinar que series de valores fueron los que presentaron diferencias en el caso del Kruskal-Wallis, se realizaron pruebas *a posteriori* de Dunn (Zar, 1996).



RESULTADOS

Demografía

Abundancia

Temporada 1996

El trabajo de campo duró un tiempo efectivo de 9 semanas (del 17 de enero al 27 de marzo), durante las cuales se realizaron 20 censos completos. Hubo tres censos que fueron suspendidos al presentarse condiciones de viento y estado del mar superiores al Beaufort 2. Los censos tuvieron una duración promedio de 163 ± 10 minutos (I.C. 95%). Los resultados de los censos se resumen en la Tabla II y en la Figura 9.

Tabla II. Número de ballenas grises por zona y categoría en Laguna San Ignacio durante 1996 (mc=madres con cría; sol=adultos solitarios)

Fecha	Zona Inferior		Zona Intermedia		Zona Superior		Total adultas		Total
	mc	sol	mc	sol	mc	sol	mc	sol	
17-ene	3	5	0	13	0	4	3	22	25
18-ene	3	8	7	6	2	1	12	15	27
19-ene	4	7	2	6	6	7	12	20	32
31-ene	7	18	10	30	15	4	32	52	84
01-feb	8	37	15	26	13	1	36	64	100
02-feb	10	36	12	14	32	6	54	56	110
04-feb	8	55	14	21	10	4	32	80	112
05-feb	3	49	13	19	21	8	37	76	113
07-feb	8	50	17	25	29	18	54	93	147
10-feb	5	39	7	24	13	8	25	71	96
13-feb	10	54	21	28	31	3	62	85	147
17-feb	10	48	17	25	15	1	42	74	116
24-feb	19	65	27	32	22	7	68	104	172
02-mar	33	84	31	25	28	6	92	115	207
03-mar	23	66	25	39	46	7	94	112	206
09-mar	35	32	38	10	10	2	83	44	127
10-mar	44	28	27	15	12	1	83	44	127
16-mar	46	1	3	0	3	0	52	1	53
21-mar	34	3	14	0	2	0	50	3	53
27-mar	35	0	14	0	2	0	51	0	51



Al comenzar los recorridos en enero, el número de ballenas presentes en la Laguna fue bajo (Figura 10). El primer conteo de 25 ballenas (22 solitarios y 3 hembras con cría) para el 17 de enero, resultó ser el 12% del conteo combinado máximo (número máximo de la suma de solitarios y hembras con cría) para la temporada. Sin embargo, durante febrero el crecimiento en el número de ballenas ocurrió de manera constante, hasta que presentó un máximo de abundancia el 2 de marzo en los conteos combinados máximos para toda la Laguna. Este conteo combinado máximo fue de 207 ballenas en donde 115 fueron solitarios y 92 hembras con cría (Tabla II).

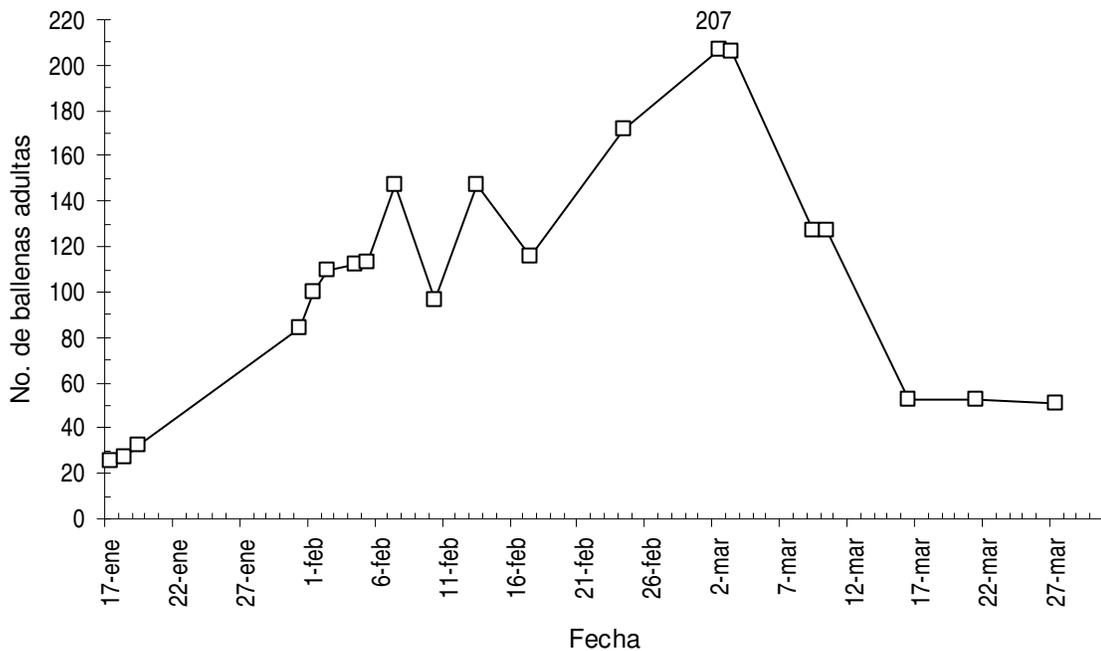


Figura 9. Conteos totales de ballenas grises adultas en Laguna San Ignacio, enero-marzo 1996.

Al considerar la abundancia de ballenas en la Laguna por categoría (solitarios o madres con cría), ambos grupos aumentaron numéricamente de manera similar durante enero y febrero. No obstante, durante estos dos meses el número de solitarios fue superior respecto al de hembras con cría. Cuando alcanzaron el máximo combinado de ballenas en la primera semana de marzo, la abundancia de solitarios disminuyó acentuadamente, mientras que el número de madres con cría lo hizo lentamente, pero manteniéndose por arriba de las ballenas solitarias (Tabla II, Figura 10).

Para el 17 de enero, estaban presentes en la Laguna 22 solitarios o el 19% del conteo máximo para esta categoría (115) y fue hasta el 1 de febrero que se alcanzó el 50% del conteo máximo eventual.

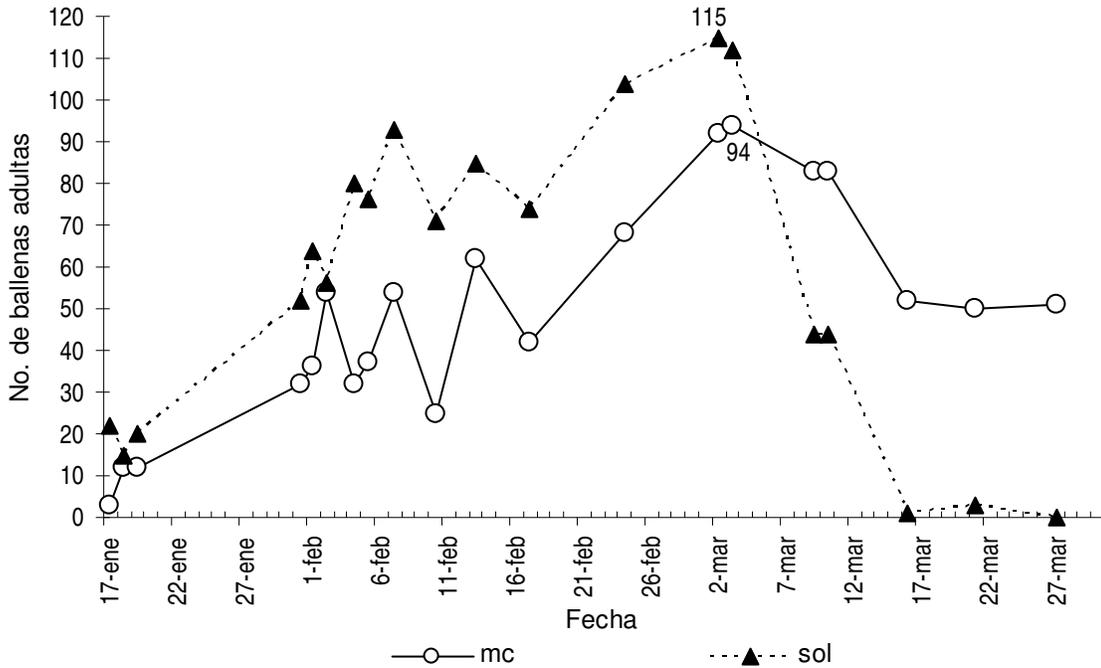


Figura 10. Conteos totales de madres con cría y solitarios en Laguna San Ignacio, enero-marzo 1996.

El número de hembras con cría fue aumentando de 3 o 1.5% del conteo combinado máximo durante los primeros días de enero, hasta que alcanzó su máximo (94 hembras con cría) para el 3 de marzo, es decir, un día después del conteo combinado máximo. A la partida de los solitarios (27 de marzo), todavía estaba presente en la laguna un 54% de las madres con cría.

A pesar de las diferencias que observamos en el comportamiento de la abundancia entre las madres con cría y los solitarios, la comparación de la abundancia entre ambas categorías a través de una prueba *t*, indicó que éstas no presentaron diferencias significativas ($t = -0.772$ con 38 g.l. $P = 0.445$) (Figura 11).



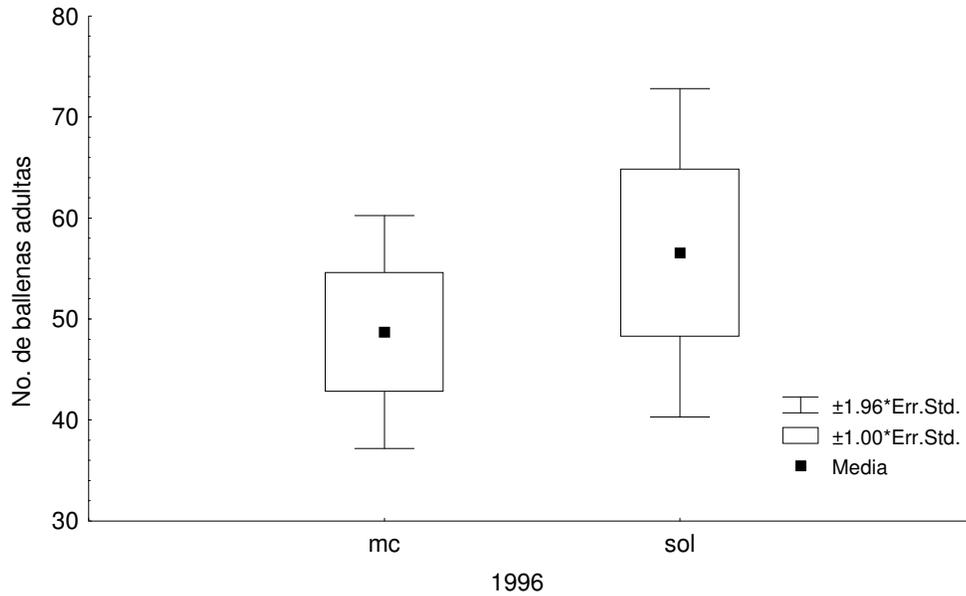


Figura 11. Comparación de la abundancia de madres con cría y solitarios en Laguna San Ignacio, enero-marzo 1996.

Temporada 1997

Durante la temporada se trabajó por un período de 7 semanas (del 11 de febrero al 29 de marzo). Se realizaron un total de 12 censos, de los cuales sólo uno tuvo que suspenderse debido a las condiciones del mar mayores a Beaufort 2. Los 11 censos realizados tuvieron una duración promedio de 168.7 min \pm 11.5 (I.C. 95%). Los resultados de estos recorridos se resumen en la Tabla III y la Figura 12.

El pico de abundancia para los solitarios se presentó durante el primer recorrido el 11 de febrero (136), descendiendo gradualmente conforme avanzó la temporada hasta el último recorrido, cuando ya no se observó ningún solitario dentro de la Laguna (Figura 13). Para el caso de las madres con cría se registró un ligero incremento en número, desde los 87 pares en el recorrido del 11 de febrero, hasta los 143 el 6 de marzo. El ANOVA por rangos de Mann-Whitney no mostró diferencias significativas al comparar la abundancia entre ambas categorías ($U = 37.0$, $P = 0.131$) (Figura 14).



Tabla III. Número de ballenas grises por zona y categoría (mc: madres con cría; sol: ballenas solitarias) en Laguna San Ignacio durante 1997.

Fecha	Zona Inferior		Zona Intermedia		Zona Superior		Total adultas		Total
	mc	sol	mc	sol	mc	sol	mc	sol	
11-feb	8	85	25	36	54	15	87	136	223
15-feb	3	77	17	31	16	10	36	118	154
16-feb	29	64	17	37	51	7	97	108	205
22-feb	25	67	28	45	70	5	123	117	240
26-feb	8	62	37	59	81	6	126	127	253
06-mar	53	47	54	18	36	0	143	65	208
10-mar	35	54	56	16	42	1	133	71	204
15-mar	54	9	51	7	4	0	109	16	125
19-mar	48	3	21	2	3	0	72	5	77
25-mar	80	2	42	0	8	2	130	4	134
29-mar	58	0	15	0	0	0	73	0	73

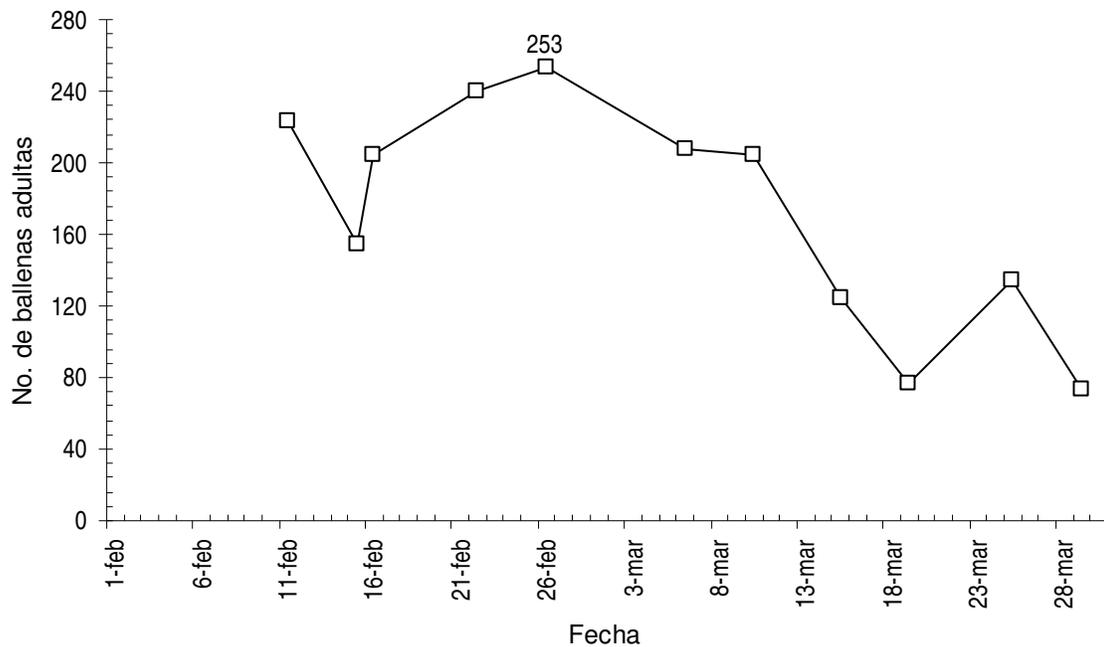


Figura 12. Conteos totales de ballenas grises adultas en Laguna San Ignacio, febrero-marzo 1997.



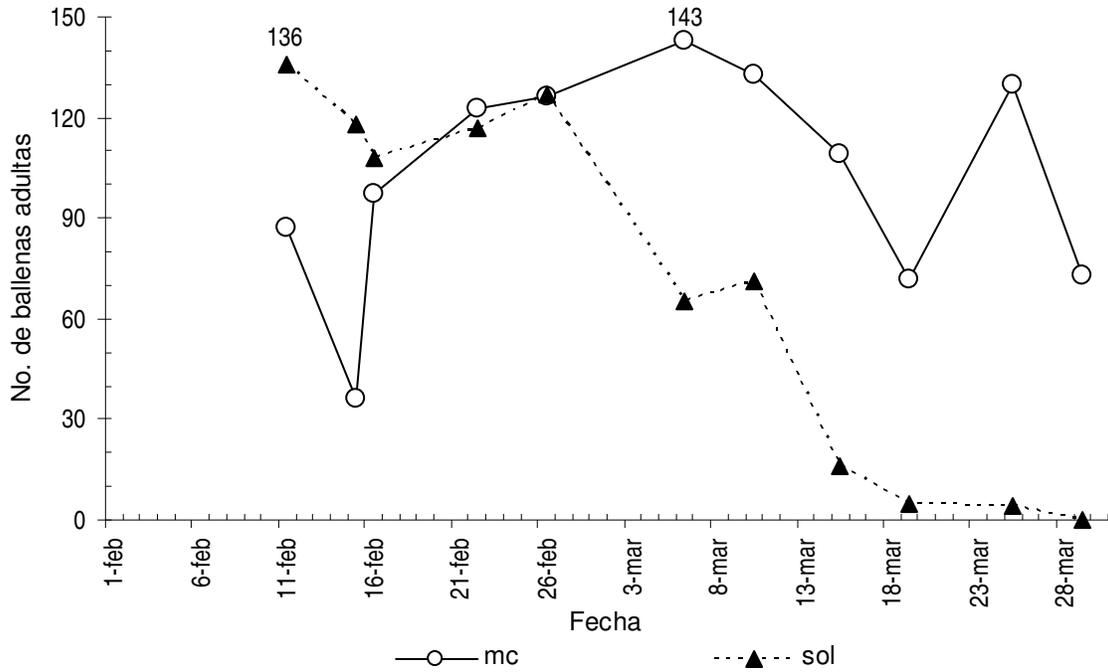


Figura 13. Conteos totales de madres con cría y solitarios en Laguna San Ignacio, febrero-marzo 1997.

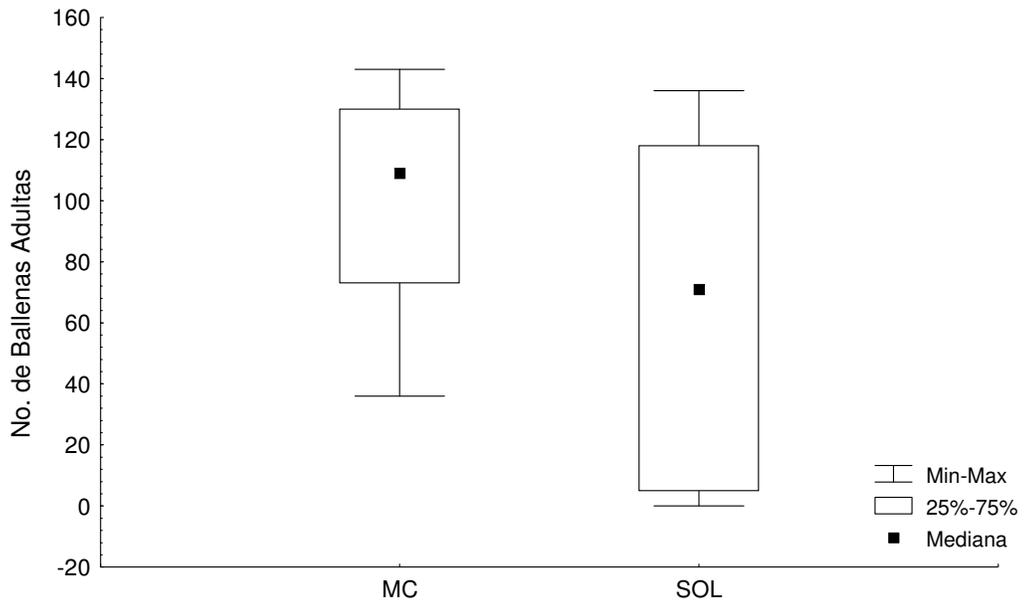


Figura 14. Comparación de la abundancia de madres con cría y solitarios en Laguna San Ignacio, enero-marzo 1997.

Comparación temporada 1996 con 1997

Los resultados expuestos para 1997 difieren de los obtenidos en 1996, durante el cual la abundancia presentó sólo un pico a principios de marzo en el que coincidieron los máximos de solitarios y de madres con cría. El conteo combinado máximo se presentó en fechas cercanas a las del año anterior, sin embargo no coincidieron con éste los máximos de madres con cría ni los de solitarios, a diferencia de lo sucedido el año anterior (Figuras 15, 16 y 17).

Los conteos máximos de solitarios ocurrieron durante 1997 el 11 de febrero mientras que en 1996 hasta el 2 de marzo (Figura 17). El ANOVA por rangos de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas [$H(3, N = 44) = 4.037502; P = 0.2575$] (Figura 18). Las madres con cría mantuvieron una constancia en la fecha del máximo durante los dos años, 3 y 6 de marzo, respectivamente.

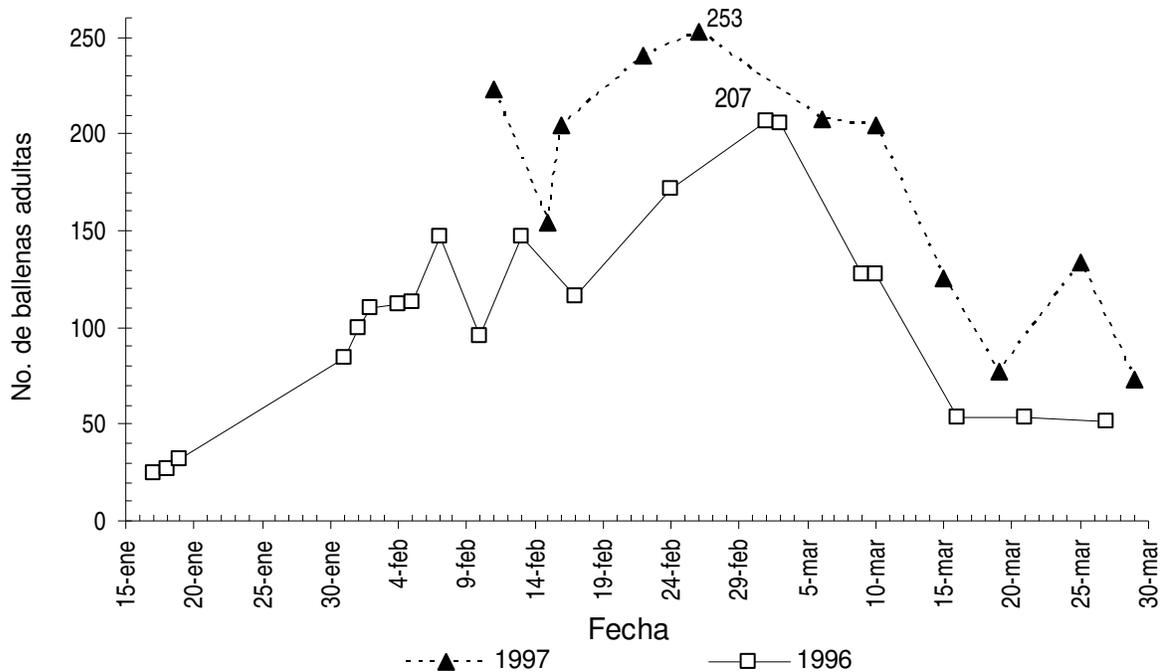


Figura 15. Conteos totales de ballenas adultas en Laguna San Ignacio, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997.



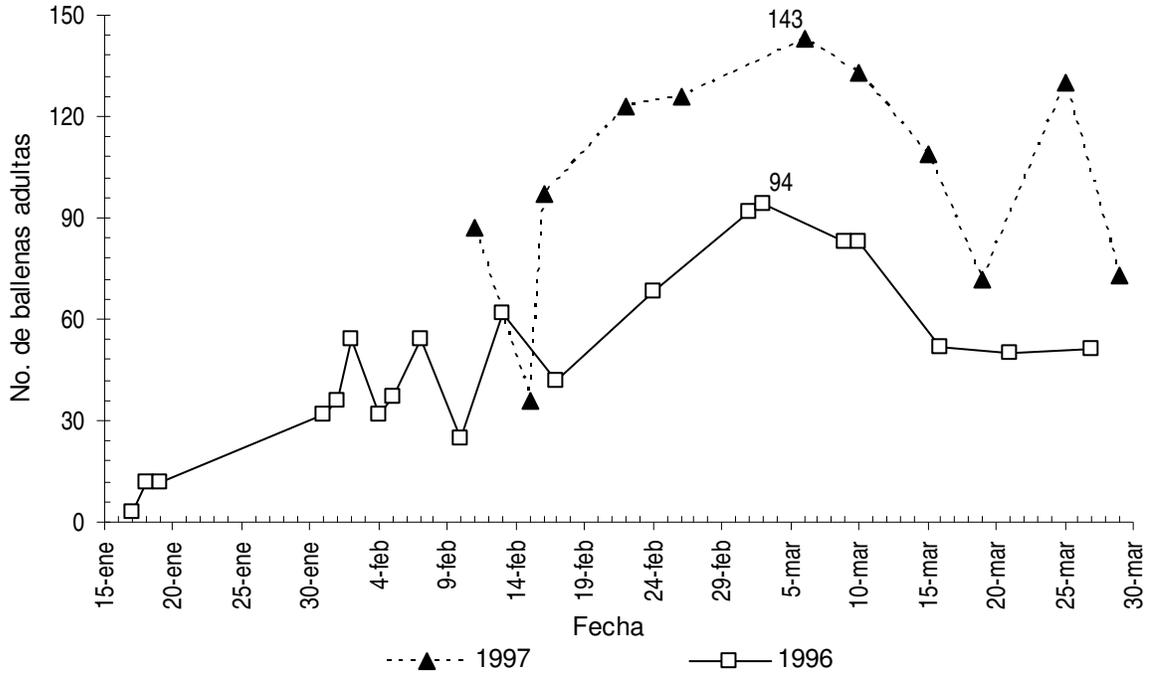


Figura 16. Conteos totales de madres con cría en Laguna San Ignacio, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997.

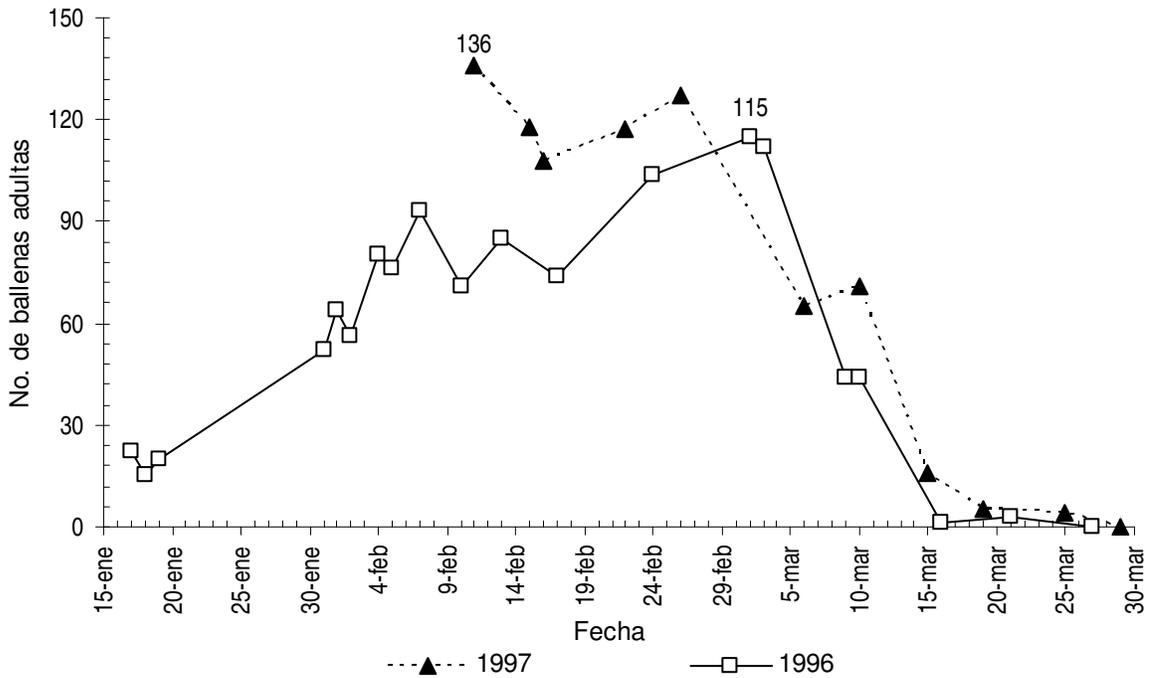


Figura 17. Conteos totales de solitarios en Laguna San Ignacio, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997.



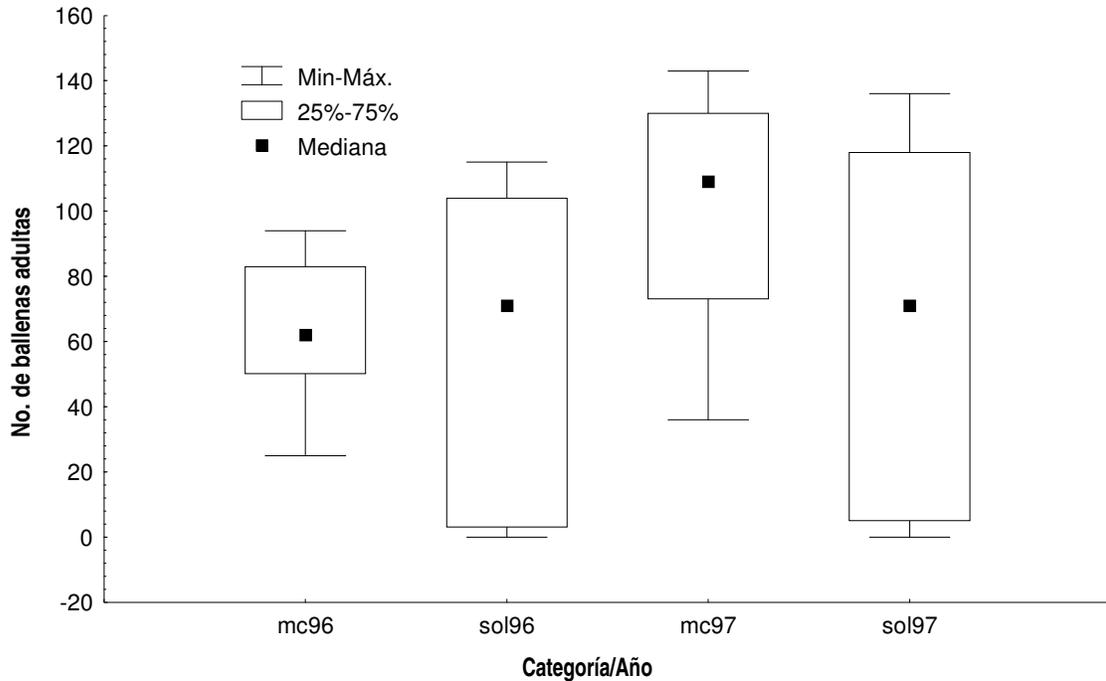


Figura 18. Comparación del comportamiento de la abundancia de ballenas grises por año y categoría durante 1996 y 1997.

Distribución

Los valores de abundancia en cada zona se resumen en la Tabla IV y se ilustran en las Figuras 19 y 20.

1996

En la zona superior, las madres con cría fueron más abundantes presentando su valor máximo el 3 de marzo con 46 pares de ballenas, que fue la misma fecha del máximo número registrado para las madres con cría y un día después del conteo combinado máximo. Los solitarios siempre se presentaron en números reducidos en esta zona (menos de 10 ballenas), con excepción de su máximo de 18 individuos a principios de febrero (Figura 19).

En la zona media la abundancia de ambas categorías de ballenas fue muy similar, con un constante incremento hasta alcanzar su abundancia máxima, a inicios de marzo: 38 madres con cría y 39 solitarios. En esta zona fueron los solitarios quienes presentaron su mayor abundancia relacionada con el conteo combinado máximo (Figura 19).



A partir de febrero ocurrió un incremento acentuado del número de solitarios en la zona inferior, hasta inicios de marzo con 84 individuos en esta zona, que coincidió con el conteo combinado máximo. Por el contrario, las madres con cría tuvieron una escasa presencia en esta zona durante la primer parte de la temporada, pero a mediados de febrero esta categoría aumentó su presencia en esta zona, alcanzando su mayor número (46 pares) a mediados de marzo, persistiendo hasta el último censo realizado en números todavía importantes (35 pares) (Figura 19).

1997

En la zona superior, la presencia de los solitarios durante 1997 fue más bien escasa a lo largo de la temporada, aunque hay que recordar que en este año los trabajos en la laguna iniciaron hasta la segunda semana de febrero. En esta semana se presentó el número máximo de solitarios y el tercer valor más alto de ballenas en la laguna. Las madres con cría presentaron una mayor abundancia en esta zona, con grandes fluctuaciones, alcanzando su máximo la última semana de febrero con 81 pares, el cual coincidió con el conteo combinado máximo, pero no con el número máximo de madres con cría en la laguna. Este valor fue el segundo mayor presentado por cualquier categoría en cualquier zona durante ese año (Figura 20).

Los solitarios en la zona media mostraron una mayor presencia con un aumento continuo hasta finales de febrero con 59 individuos, su máxima presencia. Las madres con cría presentaron un comportamiento similar al de los solitarios pero con un desfase de cerca de 10 días (Figura 20).

En la zona inferior ya se tuvo el registro más alto para los solitarios en cualquier zona de la laguna, con un decremento continuo hasta el fin de la temporada. Las madres con cría mostraron un comportamiento antagónico; para el primer censo únicamente se contaron 8 parejas, con un aumento muy irregular en sus números hasta el último censo con 59 parejas (Figura 20).

Al comparar la distribución de las madres con cría y los solitarios, se observa que tanto la zona superior de la laguna, como la intermedia, fueron las zonas que las madres con cría prefirieron como zona de parto y crianza, pues tuvieron una presencia constante y mayor a los 20 pares en promedio. En la zona inferior su ocupación coincidió, con el aumento en edad y talla de las crías, o por el decremento en la presencia de los solitarios desde principios de marzo. Los solitarios solo se presentaron ocasionalmente en la zona superior, mientras que en la inferior se observó una presencia importante de esta categoría, con números que fluctuaron entre 50 y 80 individuos, pero que desde inicios de febrero



abandonaron rápidamente la laguna hasta no verse más después de mediados de marzo. Fue bastante claro que la zona intermedia es un área de transición entre las zonas superior e inferior, ya que en la zona intermedia la presencia de solitarios y de madres con cría fue muy similar y constante a lo largo de la temporada.

Durante 1997 se observaron diferencias importantes en la distribución de ambas categorías, pues las madres con cría presentaron números promedio de casi el doble en relación a 1996 (63.8 en 1996 vs 102.6 en 1997) para el mismo periodo. Los solitarios no presentaron una diferencia tan acentuada, pero su promedio fue mayor durante 1997. Otra diferencia en la distribución de las madres con cría durante este año, fue su elevado número en la zona superior, sobrepasando a los 80 pares a finales de febrero, además de haber ocupado la zona intermedia con un mayor desfase respecto a los solitarios, mientras que para la zona inferior su comportamiento fue similar al compararlo con el año anterior. Los solitarios presentaron diferencias evidentes en las zonas media e inferior, sobre todo en cuanto a que su presencia ocurrió más temprano en la temporada, pero en la zona superior fue muy similar.



Tabla IV. Número de ballenas grises adultas por zona y categoría, contadas mediante los censos efectuados en Laguna San Ignacio, B.C.S., durante las temporadas invernales de 1996-97 (mc=madre con cría; sol=solitarios).

Fecha	Hora		Zona Inferior		Zona Media		Zona Superior		Total		Total
	inicial	final	mc	sol	mc	sol	mc	sol	mc	sol	adultos
17-ene-96	9:45	12:05	3	5	0	13	0	4	3	22	25
18-ene-96	11:16	14:38	3	8	7	6	2	1	12	15	27
19-ene-96	8:25	10:22	4	7	2	6	6	7	12	20	32
31-ene-96	11:07	13:39	7	18	10	30	15	4	32	52	84
1-feb-96	9:13	11:14	8	37	15	26	13	1	36	64	100
2-feb-96	9:35	11:16	10	36	12	14	32	6	54	56	110
4-feb-96	11:52	14:22	8	55	14	21	10	4	32	80	112
5-feb-96	11:29	14:09	3	49	13	19	21	8	37	76	113
7-feb-96	12:25	15:15	8	50	17	25	29	18	54	93	147
10-feb-96	11:29	14:13	5	39	7	24	13	8	25	71	96
13-feb-96	10:48	13:46	10	54	21	28	31	3	62	85	147
17-feb-96	13:22	16:32	10	48	17	25	15	1	42	74	116
24-feb-96	14:14	17:42	19	65	27	32	22	7	68	104	172
2-mar-96	12:00	15:34	33	84	31	25	28	6	92	115	207
3-mar-96	9:36	12:08	23	66	25	39	46	7	94	112	206
9-mar-96	10:00	13:22	35	32	38	10	10	2	83	44	127
10-mar-96	9:40	12:43	44	28	27	15	12	1	83	44	127
16-mar-96	11:48	14:38	46	1	3	0	3	0	52	1	53
21-mar-96	10:28	13:16	34	3	14	0	2	0	50	3	53
27-mar-96	10:07	13:00	35	0	14	0	2	0	51	0	51
11-feb-97	9:55	12:43	8	85	25	36	54	15	87	136	223
15-feb-97	13:16	15:45	3	77	17	31	16	10	36	118	154
16-feb-97	11:08	14:09	29	64	17	37	51	7	97	108	205
22-feb-97	10:18	14:00	25	67	28	45	70	5	123	117	240
26-feb-97	10:13	13:20	8	62	37	59	81	6	126	127	253
6-mar-97	11:33	14:27	53	47	54	18	36	0	143	65	208
10-mar-97	10:43	14:05	35	54	56	16	42	1	133	71	204
15-mar-97	9:00	11:51	54	9	51	7	4	0	109	16	125
19-mar-97	9:53	12:38	48	3	21	2	3	0	72	5	77
25-mar-97	10:37	13:25	80	2	42	0	8	2	130	4	134
29-mar-97	10:05	12:41	58	0	15	0	0	0	73	0	73



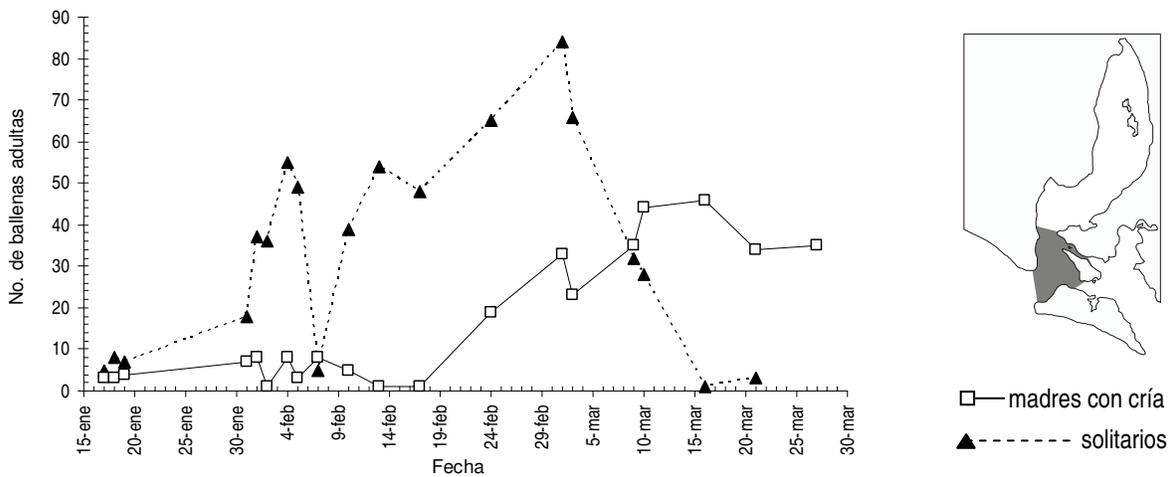
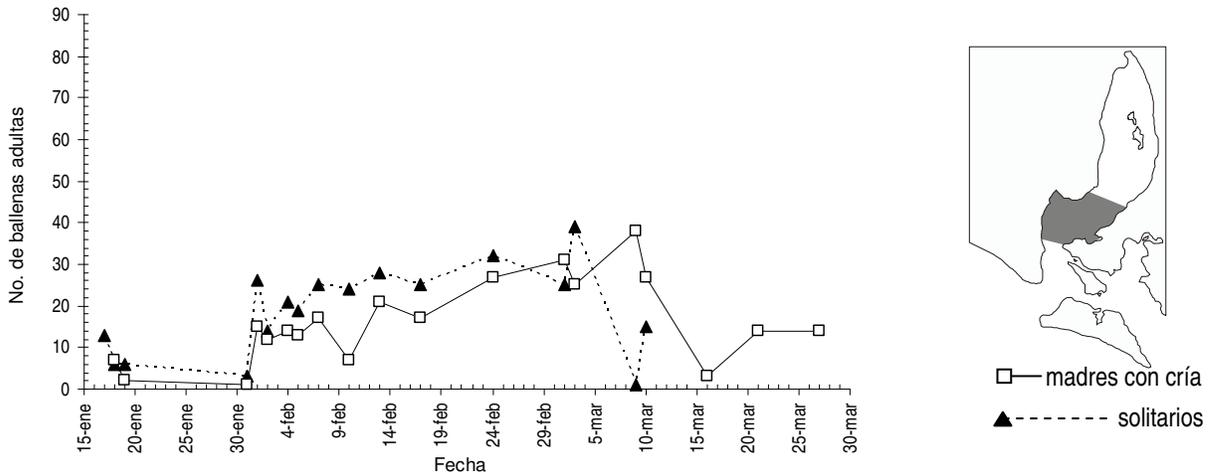
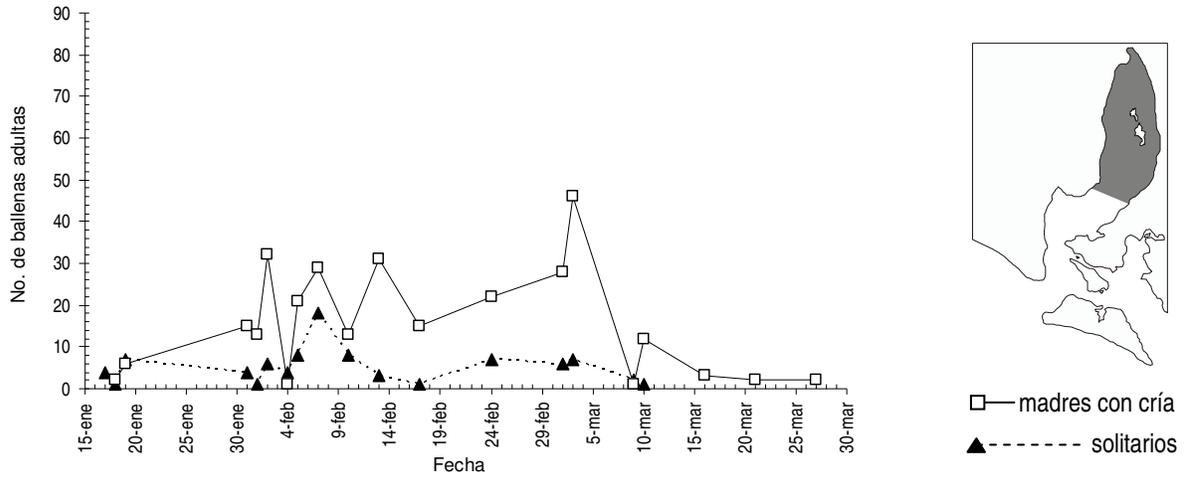


Figura 19. Distribución de ballenas grises por área y categoría en Laguna San Ignacio durante 1996. De arriba hacia abajo tenemos la distribución en la zona superior, media e inferior como lo indica el mapa de la derecha de cada gráfica.



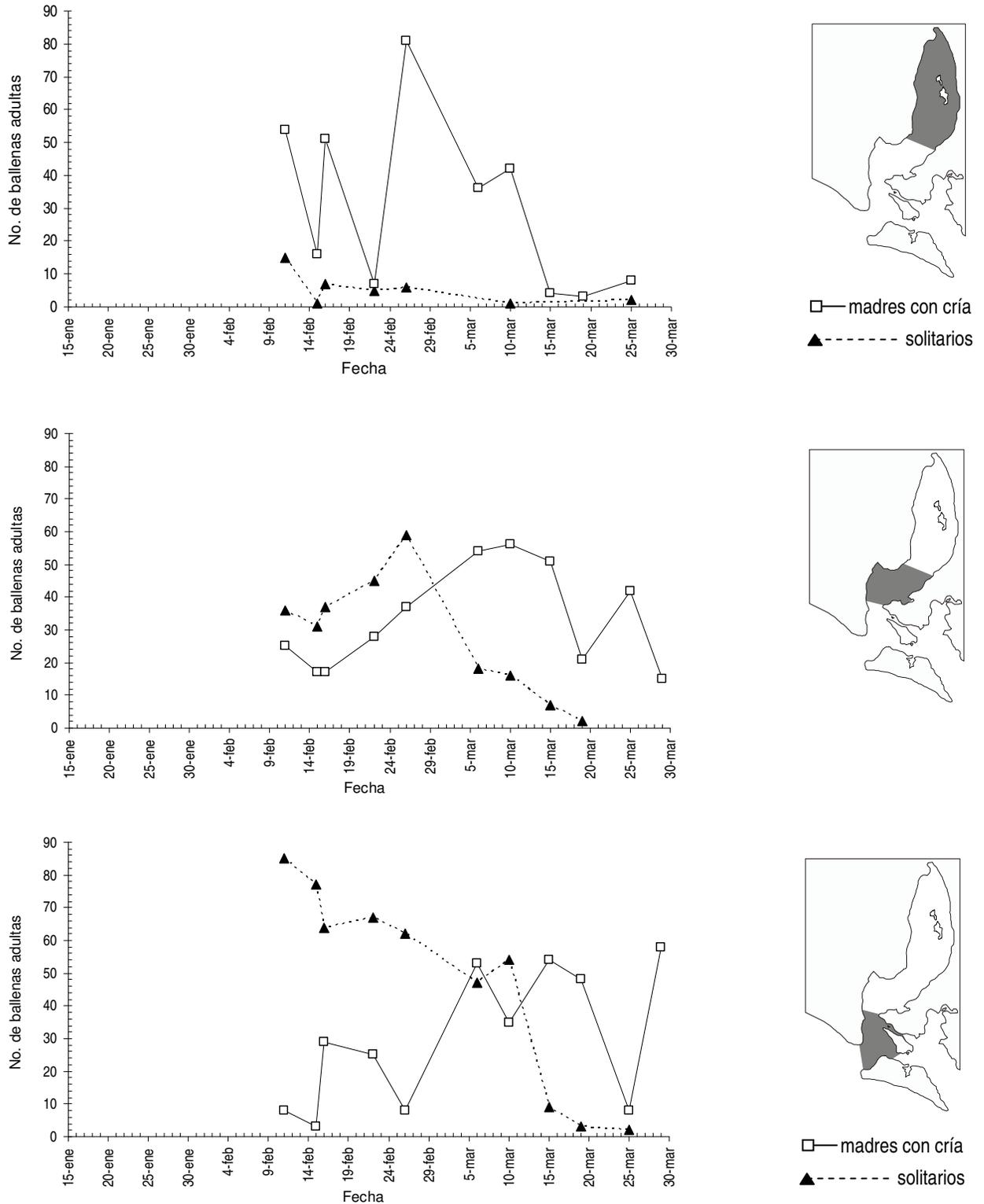


Figura 20. Distribución de ballenas grises por área y categoría en Laguna San Ignacio durante 1997. De arriba hacia abajo: zona superior, media e inferior como lo indica el mapa de la derecha de cada gráfica.



Densidad

Para el cálculo de la densidad, el área estimada para cada zona, de acuerdo con la metodología planteada, se resume en la Tabla V y se muestra en la Figura 21. Cerca del 40% de la superficie total tiene menos de 2 m de profundidad, siendo la zona media la que tiene una mayor proporción de área con profundidades mayores a los 2 m, y la superior la que menos.

Tabla V. Área estimada para cada zona en que fue dividida la laguna. Las superficies se presentan en km².

	Zona Superior	Zona Media	Zona Inferior	ÁREA TOTAL
Superficie total	91.64	48.8	26.15	166.59
Área utilizable (profundidad > 2m)	51.85	32.8	17.42	102.07
Área no utilizable (profundidad < 2m)	39.79	16.00	8.73	64.52
Proporción de área utilizable	56.6%	67.2%	66.6%	61.3%

La zona superior tiene la mayor área utilizable pero fue la que presentó los menores valores de densidad, mientras que la zona inferior, con la menor área, tuvo los valores más altos de ballenas adultas por km². Este comportamiento se presentó tanto en 1996 como en 1997, aunque durante 1997 se observaron valores de densidad un poco más altos para las zonas media y superior respecto a 1996 (Tabla VI, Figuras 22 y 23).

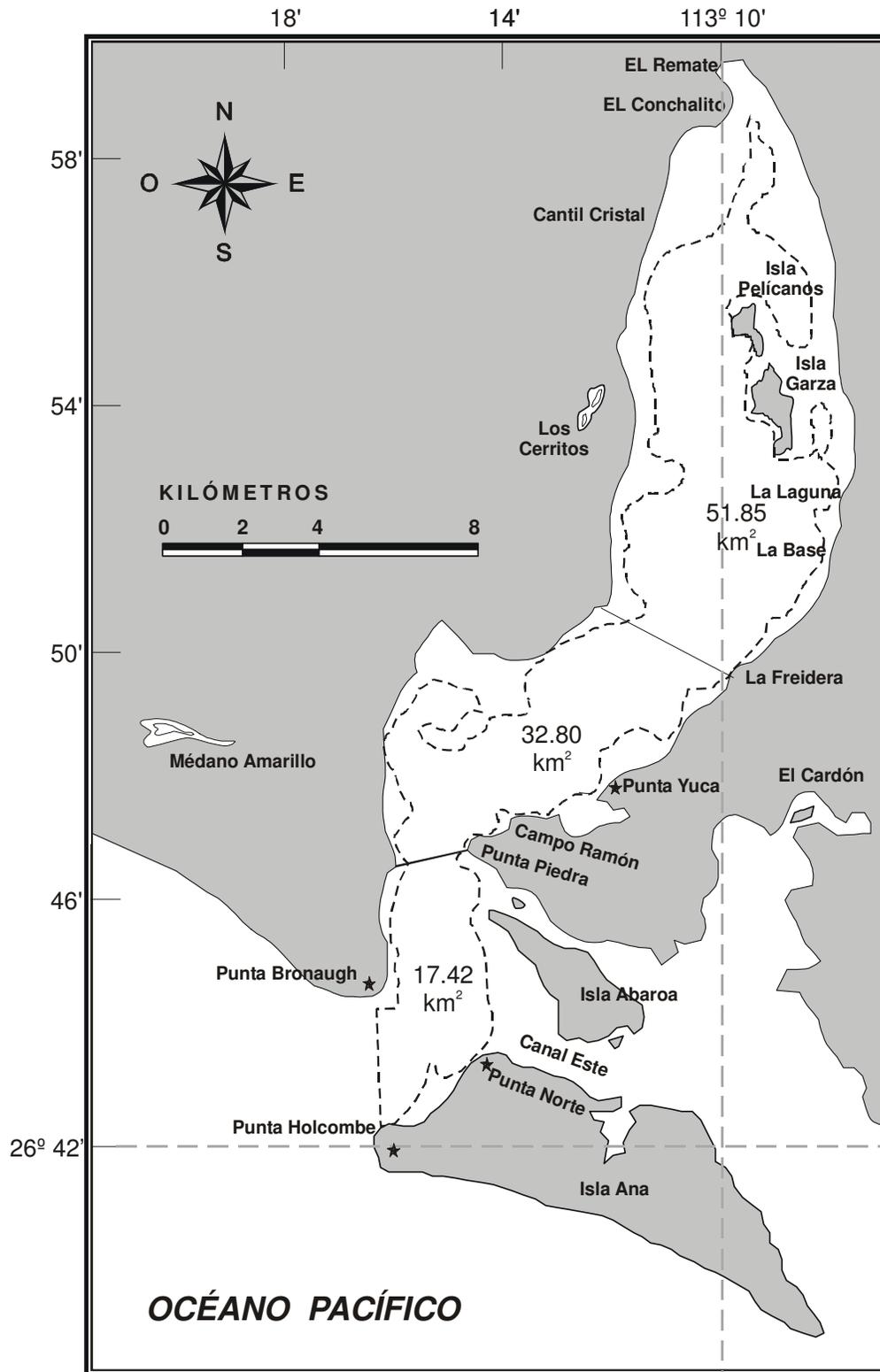


Figura 21. Estimación del área utilizable por las ballenas grises para cada zona de la Laguna San Ignacio. La línea punteada representa la isobata de los 2 m de profundidad.



Tabla VI. Estimación de la densidad de ballenas adultas (ballenas por km²) para cada censo realizado en Laguna San Ignacio durante el periodo de estudio (1996-1997). Los resultados están agrupados por las zonas en que fue dividida la laguna.

Fecha	Inferior		Media		Superior	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997
17-Ene	0.46		0.40		0.08	
18-Ene	0.63		0.40		0.06	
19-Ene	0.63		0.24		0.25	
31-Ene	1.44		1.22		0.37	
1-Feb	2.58		1.25		0.27	
2-Feb	2.64		0.79		0.73	
4-Feb	3.62		1.07		0.27	
5-Feb	2.99		0.98		0.56	
7-Feb	3.33		1.28		0.91	
10-Feb	2.53		0.95		0.41	
11-Feb		5.34		1.86		1.33
13-Feb	3.67		1.49		0.66	
15-Feb		4.59		1.46		0.50
16-Feb		5.34		1.65		1.12
17-Feb	3.33		1.28		0.31	
22-Feb		5.28		2.23		1.45
24-Feb	4.82		1.80		0.56	
26-Feb		4.02		2.93		1.68
2-Mar	6.72		1.71		0.66	
3-Mar	5.11		1.95		1.02	
6-Mar		5.74		2.20		0.69
9-Mar	3.85		1.46		0.23	
10-Mar	4.13		1.28		0.25	
10-Mar		5.11		2.20		0.83
15-Mar		3.62		1.77		0.08
16-Mar	2.70		0.09		0.06	
19-Mar		2.93		0.70		0.06
21-Mar	2.12		0.43		0.04	
25-Mar		4.71		1.28		0.19
27-Mar	2.01		0.43		0.04	
29-Mar		3.33		0.46		0.00

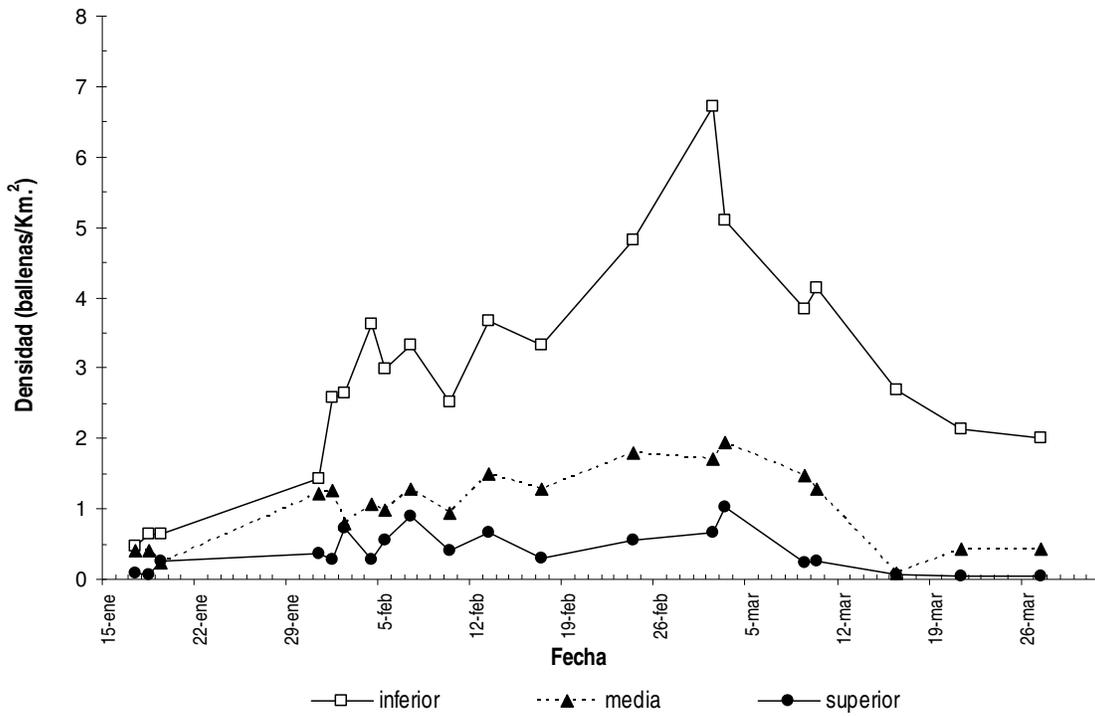


Figura 22. Densidad de ballenas grises adultas (expresada en número de ballenas por km²), en cada zona de la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.

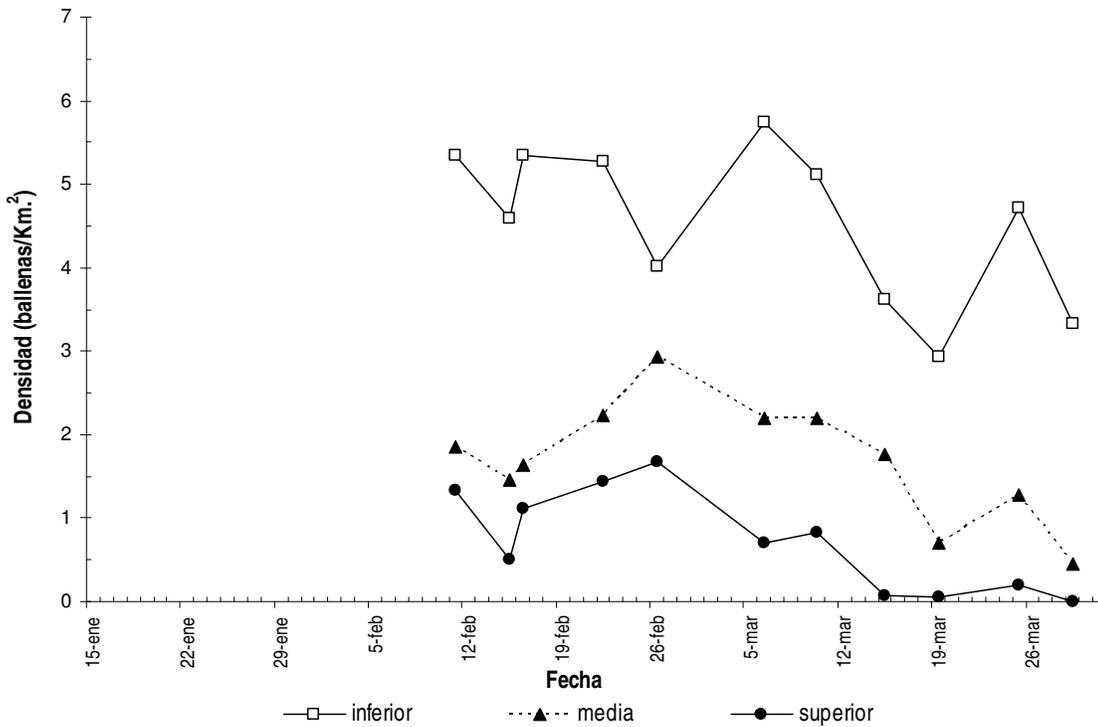


Figura 23. Densidad de ballenas grises adultas (expresada en número de ballenas por km²), en cada zona de la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1997.



Al comparar los valores de densidad de las ballenas adultas durante 1996, se determinó la presencia de diferencias significativas entre las tres zonas mediante un análisis de variancia por rangos de Kruskal–Wallis, ($H = 15.945$ con 2 g.l.; $P \leq 0.001$) (Figura 24). La prueba *a posteriori* de Dunn mostró que sólo hubo diferencias significativas en la densidad entre las zonas inferior y superior (Tabla VII).

Tabla VII. Comparación pareada múltiple de Dunn, para la determinación de diferencias significativas en la densidad de ballenas grises adultas, entre las tres zonas en que fue dividida la Laguna San Ignacio durante el invierno de 1996.

Zonas comparadas	Diferencia de rangos	Q	Valor crítico de Q ($\alpha=0.05, k=3$)	$P < 0.05$
inferior vs superior	13.143	3.963	2.394	si
inferior vs media	7.857	2.369	2.394	no
media vs superior	5.286	1.594	2.394	no

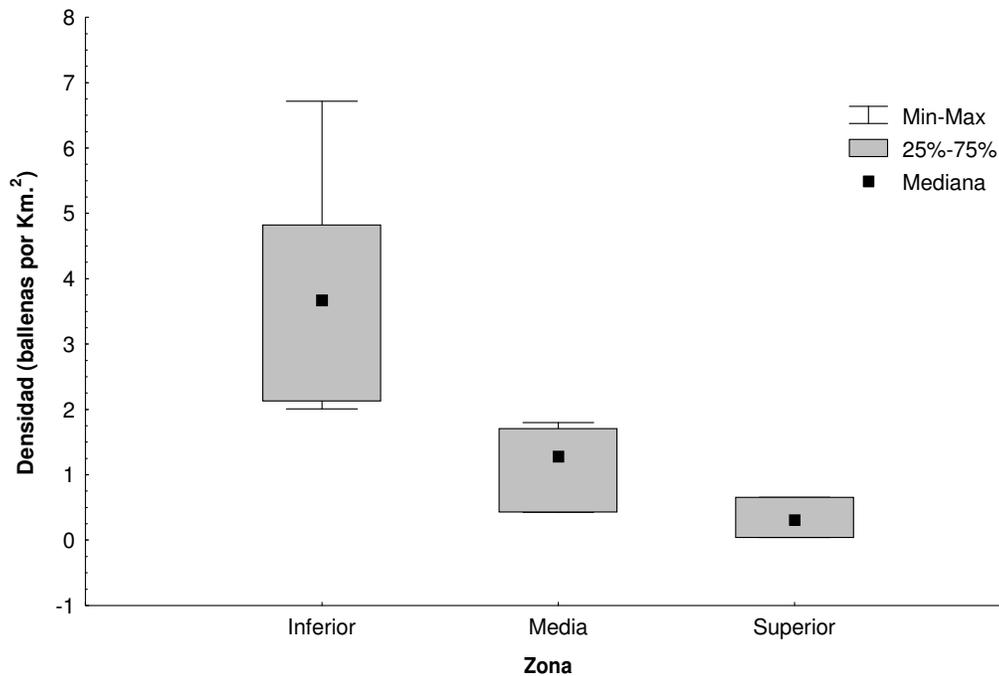


Figura 24. Comparación de la densidad de las ballenas adultas, entre las zonas en que fue dividida la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.



Cuando se comparó la densidad de ballenas adultas por zona en 1997, el ANOVA paramétrico de una vía y la prueba *a posteriori* mostraron la presencia de diferencias significativas entre las zonas ($P \leq 0.001$) (Tabla VIII, Figura 25).

Tabla VIII. Comparación pareada múltiple de Tukey, para la determinación de diferencias significativas en la densidad de ballenas grises adultas entre las tres zonas en que fue dividida la Laguna San Ignacio durante el invierno de 1997.

Zonas comparadas	Diferencia de medias	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>P</i>	Diferencia significativa
inferior vs superior	3.825	3	16.574	<0.001	si
inferior vs media	2.844	3	12.322	<0.001	si
media vs superior	0.981	3	4.252	0.014	si

Al comparar la densidad de adultos en la zona superior entre los dos años el ANOVA no paramétrico por rangos de Mann Whitney, mostró que no existieron diferencias significativas ($U = 10.00$; $P = 0.224$). En la zona media e inferior, la prueba *t* mostró que tampoco hubo diferencias significativas entre la densidad de ambos años: $t = -1.870$ con 20 g.l. $P = 0.076$ en la zona media y $t = -1.590$ con 20 g.l. $P = 0.128$ en la zona inferior (Figura 25).

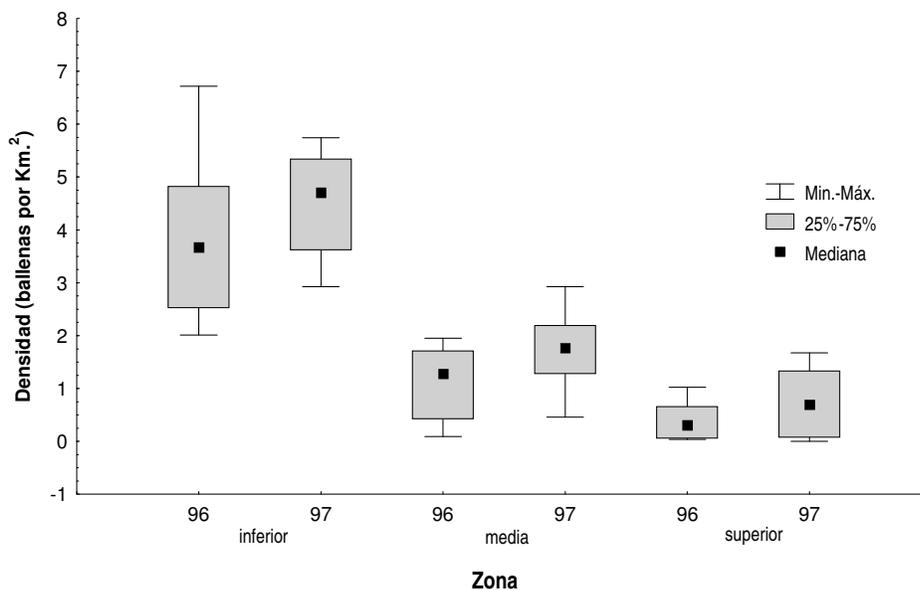


Figura 25. Comparación de la densidad de las ballenas adultas, entre las zonas en que fue dividida la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.

Para comparar la densidad entre años, por categoría y zonas, con el ANOVA no paramétrico por rangos de Kruskal–Wallis ($P = < 0.001$), se comprobó la existencia de diferencias significativas. Sin embargo, la prueba *a posteriori* de Dun indicó que únicamente las densidades de solitarios fueron significativamente diferentes en las zonas inferior y superior, además de las madres con cría de 1997 en la zona media, respecto a los solitarios en la zona superior durante 1996 (Anexo 3, Figura 26).

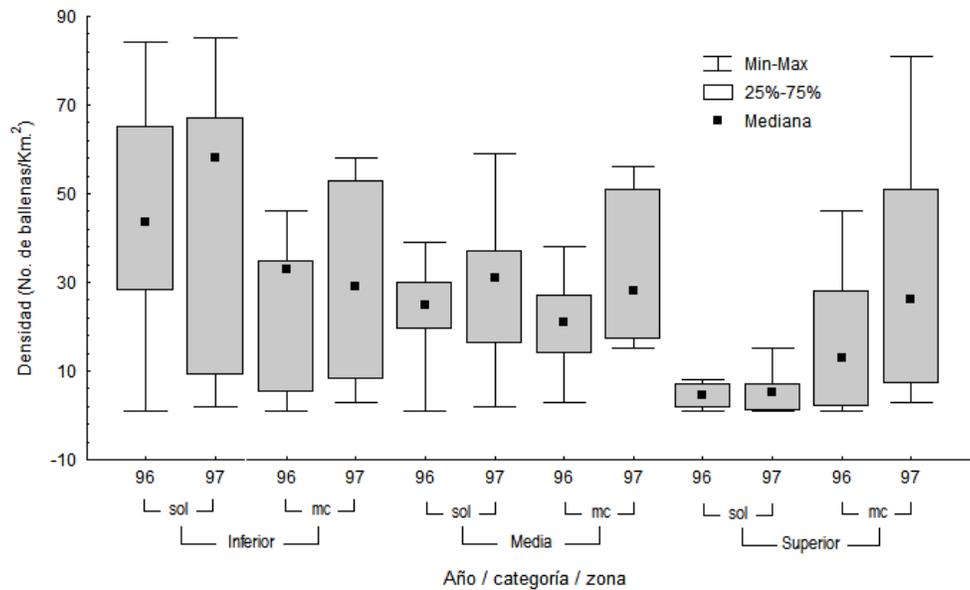


Figura 26. Comparación de la densidad de las ballenas adultas, por año, categoría y zona, en la Laguna San Ignacio, B.C.S.

Permanencia

1996

En este año se tomaron un total de 1,404 fotografías, de las cuales 408 para se imprimieron y compararon. El catálogo fotográfico de ballena gris para la temporada de 1996 quedó conformado con 199 fotografías del costado derecho y 209 del izquierdo. De las fotografías del costado derecho que se utilizaron para estimar la permanencia, 107 fueron de madres con cría, de las que hubo 80 individuos distintos y 20 recapturas en días diferentes y 7 en el mismo día. Para los solitarios en 75 fotografías se identificaron 70 individuos con 5 recapturas en diferentes días (Tabla XI).



Tabla XI. Composición del catálogo fotográfico de ballena gris en la Laguna San Ignacio, B.C.S., durante 1996.

Categoría	Fotografías	Individuos	Recapturas en día diferente	Recapturas en mismo día
Madre con cría	107	80	20	7
Solitarios	75	70	5	0
Total	189	157	25	7

La estimación del tiempo mínimo que las madres con cría permanecieron en la laguna durante 1996 fue de 19.15 ± 4.86 días en promedio (I.C. 95%), con un intervalo de 3 a 39 días (Figura 27). Para los solitarios el promedio de su permanencia en la laguna fue de 2.6 ± 0.99 (I.C. 95%), el cual fluctuó únicamente entre 1 y 4 días (Figura 27).

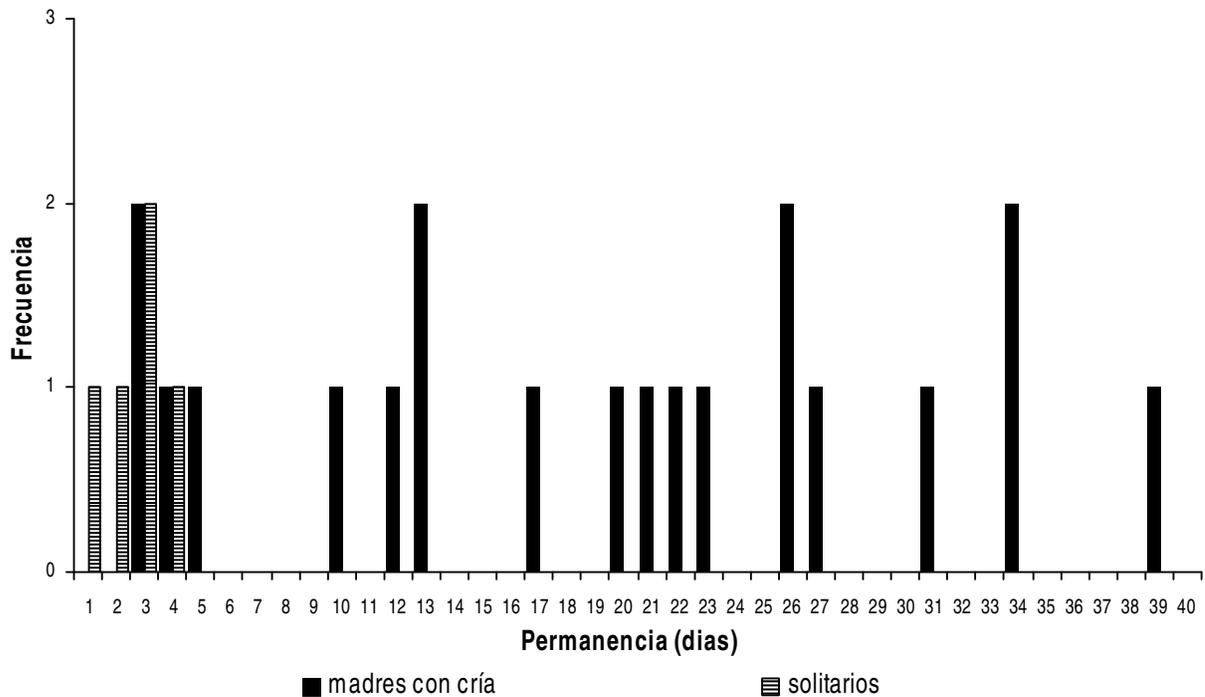


Figura 27. Distribución de frecuencias de la permanencia de ballenas grises por categoría en la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.

1997

En este año se tomaron un total de 1,296 fotografías, de las cuales se imprimieron 398. Únicamente se tomaron fotografías del costado derecho de las ballenas. Después de la comparación, fueron identificados 305 animales diferentes, en los que el número de madres con cría y solitarios fue muy similar (Tabla XII)

Tabla XII. Composición del catálogo fotográfico de ballena gris en la Laguna San Ignacio, B.C.S., durante 1997.

Categoría	Fotografías	Individuos	Recapturas
Madre con cría	225	150	43
Solitarios	173	155	4
Total	398	305	47

Para las madres con cría el tiempo promedio de permanencia fue de 19.7 ± 3.57 (I.C. 95%), la cual fluctuó de 1 a 43 días después (Figura 28). Para los solitarios se calculó una permanencia promedio de 6.25 ± 3.24 (I.C. 95%), de 2 hasta 10 días (Figura 28).



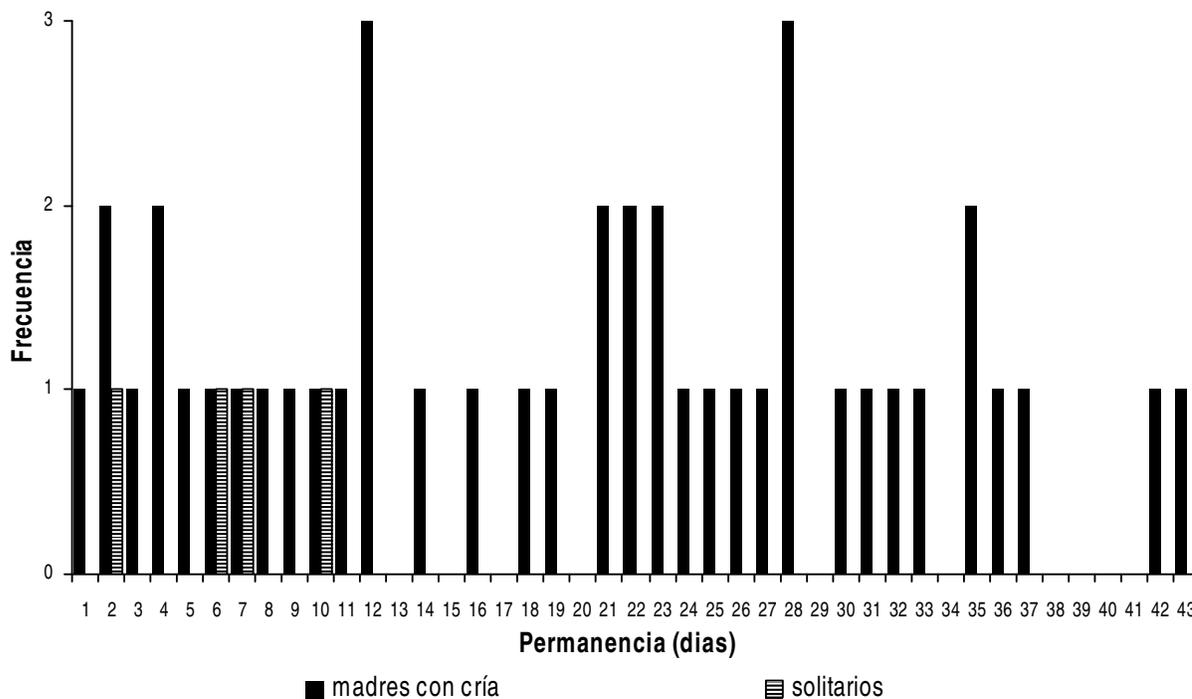


Figura 28. Distribución de frecuencias de la permanencia de ballenas grises por categoría en la Laguna San Ignacio, durante la temporada invernal de 1996.

Al comparar la residencia de ambas categorías durante los dos años de estudio, el análisis de varianza no paramétrico por rangos de Kruskal Wallis, mostró la existencia de diferencias significativas entre categorías y años [$H(3, N = 72) = 14.85367; P = 0.0019$]. La prueba a *posteriori* de Dunn determinó diferencias entre la residencia de los solitarios en 1996, respecto de las madres con cría en ambos años (Tabla XIII, Figura 29).

Tabla XIII. Comparación pareada múltiple de Dunn, para la determinación de diferencias significativas en la residencia de ballenas grises adultas entre categorías y años en la Laguna San Ignacio durante los inviernos de 1996 y 1997.

Categoría y Zona comparadas	Diferencia de rangos	Q	Valor crítico de $Q (\alpha=0.05, k=3)$	$P < 0.05$
mc96 vs sol96	32.125	3.070	2.394	Sí
mc96 vs mc97	0.596	0.105	2.394	No
mc96 vs sol97	22.500	1.963	2.394	No
mc97 vs sol96	32.721	3.309	2.394	Sí
mc97 vs sol97	23.096	2.111	2.394	No

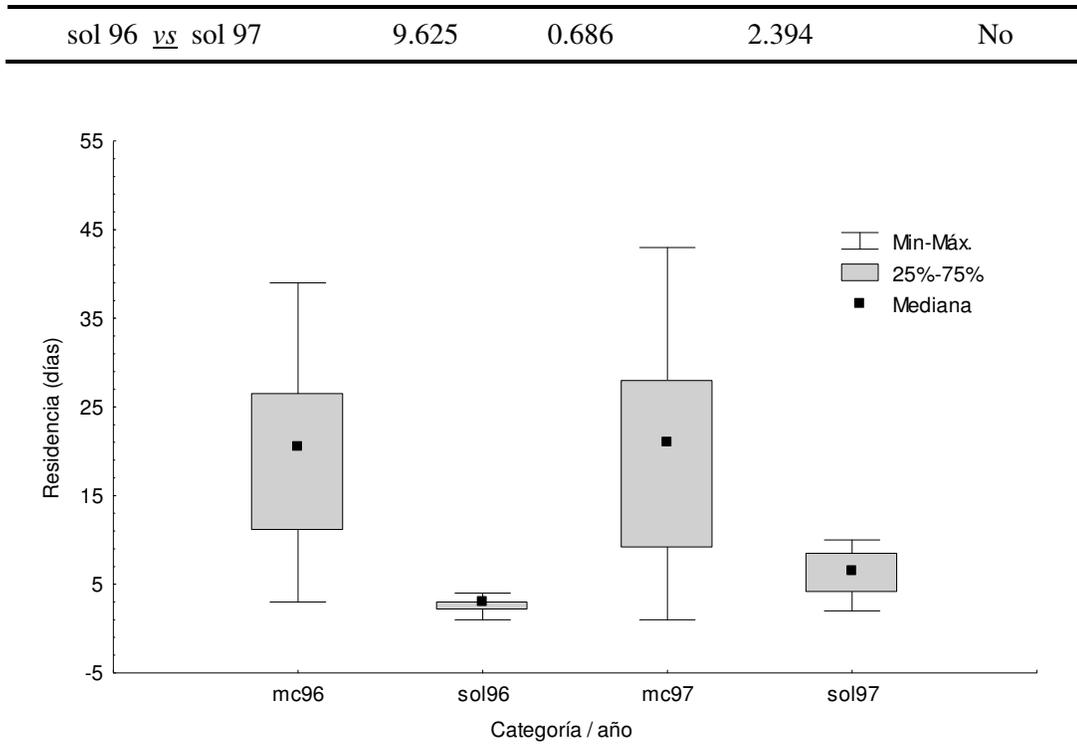


Figura 29. Comparación de la residencia de las ballenas adultas, entre categorías y años en la Laguna San Ignacio, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997.

Filopatría de las madres con cría

Al comparar las fotografías obtenidas durante 1996 y 1997, únicamente se obtuvieron 5 recapturas de madres con cría entre ambos años y una recaptura de un solitario en 1997 (Tabla XIV).

Tabla XIV. Categoría y permanencia de los individuos foto-recapturados, encontrados entre 1996 y 1997 en Laguna San Ignacio, B.C.S.

No. de catálogo	Categoría		Permanencia (días)	
	1996	1997	1996	1997
d 023	mc	s	16	menos de 24 hr
d 035	mc	s	menos de 24 hr	menos de 24 hr
d 058	s	mc	menos de 24 hr	15
d 106	s	mc	menos de 24 hr	1
d 119	?	s	menos de 24 hr	menos de 24 hr
1422	s	mc	menos de 24 hr	21



Como su puede observar, de las 150 madres con cría distintas en nuestro catálogo, únicamente 5 tuvieron recapturas, es decir un valor muy bajo de ballenas que regresaron a Laguna San Ignacio durante 1997. Para los solitarios este hecho fue todavía más dramático con una sola recaptura de un total de 155 individuos. Otro hecho que vale la pena resaltar fue que únicamente hubo recapturas entre ballenas con categoría distinta.



Número de ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio

Durante 1997 se obtuvieron un total de 43 recapturas de madres con cría y únicamente 4 para solitarios.

El número estimado de madres con cría que utilizó la Laguna San Ignacio durante 1997, fue de 248 parejas, con límites inferior y superior de y 211 a 293 (I.C. 90%) cuando realizamos 1,000 simulaciones. Con 2,000 simulaciones los límites fueron de 205 a 299 (I.C. 95%) y de 208 a 291 (I.C. 90%).

El modelo quedaría entonces de la siguiente manera:

A valores dados de “ y ” y de “ x ”, la mejor aproximación de “ N ” para cumplir la igualdad fue

$$\underline{149} = \underline{248} [1 - (1 - 1/\underline{248})^{\underline{220}}]$$

donde:

149 = es igual al número de madres nuevas (individuos)

220 = número de fotografías

248 = el tamaño de la población (que en nuestro caso sería el número de ballenas grises que visitaron la laguna).

Para los solitarios la estimación fue de 2,573 ballenas, con límites de 1,168 a 16,365 (I.C. 95%) y 1,346 a 9,073 (I.C. 90%) cuando realizamos 1,000 simulaciones. Al realizar 2,000 simulaciones los límites fueron de 1,192 a 17,819 (I.C. 95%) y de 1,350 a 9,944 (I.C. 90%). En las Tablas XV y XVI se resumen estos resultados y en la Figura 32 se muestra un ejemplo de las 1,000 simulaciones Monte Carlo realizadas para la estimación de los intervalos de confianza de las madres con cría.

El modelo quedaría entonces de la siguiente manera:

A valores dados de “ y ” y de “ x ”, la mejor aproximación de “ N ” para cumplir la igualdad fue

$$\underline{156} = \underline{2,573} [1 - (1 - 1/\underline{2,573})^{\underline{160}}]$$

donde:

156 = es igual al número de nuevos solitarios (individuos)

160 = número de fotografías

2,573 = el tamaño de la población (que en nuestro caso sería el número de solitarios que visitaron la laguna).



Tabla XV. Estimación del número de ballenas grises ($N_{\text{calculada}}$) por categoría, que visitaron la Laguna San Ignacio durante el invierno de 1997. También se indican los intervalos de confianza al 95%, calculados por medio de simulaciones Monte Carlo.

Categoría	No. de simulaciones	Intervalo inferior	$N_{\text{calculada}}$	Intervalo superior
madres con cría	1,000	206	248	300
madres con cría	2,000	205	248	299
solitarios	1,000	1,168	2,573	16,365
solitarios	2,000	1,192	2,573	17,819

Tabla XVI. Estimación del número de ballenas grises ($N_{\text{calculada}}$) por categoría, que visitaron la Laguna San Ignacio durante el invierno de 1997. También se indican los intervalos de confianza al 90%, calculados por medio de simulaciones Monte Carlo.

Categoría	No. de simulaciones	Intervalo inferior	$N_{\text{calculada}}$	Intervalo superior
madres con cría	1,000	211	248	293
madres con cría	2,000	208	248	291
solitarios	1,000	1,346	2,573	9,073
solitarios	2,000	1,350	2,573	9,944



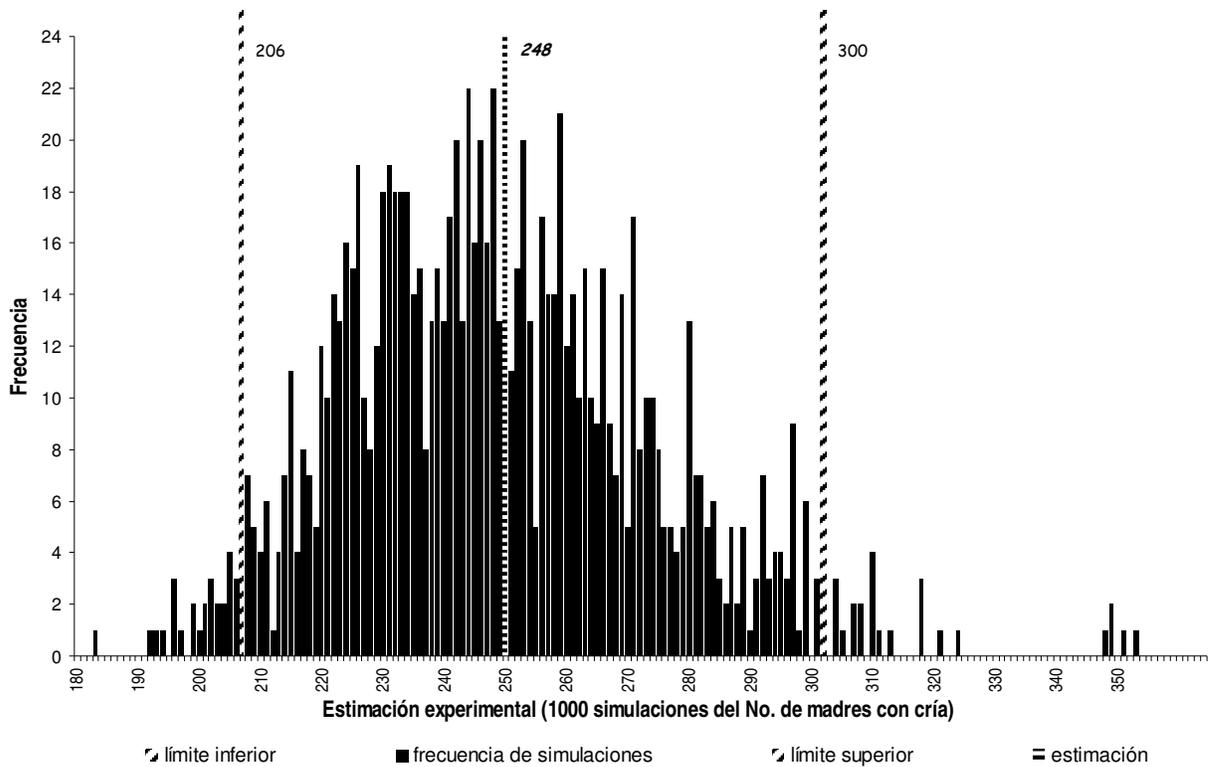


Figura 30. Ejemplo de las simulaciones Montecarlo para la determinación de los intervalos de confianza (al 95%) por el método de los percentiles, de la estimación del número de madres con cría que visitaron Laguna San Ignacio durante 1997, con base en 1,000 simulaciones. Se muestran los límites inferior y superior (25^{avo} y 975^{avo}), la estimación puntual y la distribución de frecuencias de las 1,000 simulaciones.



DISCUSIÓN

Demografía

Abundancia

Método de Conteos Directos (Censos).

Jones y Swartz (1984) comentan que las principales fuentes de sesgo durante los conteos de ballenas grises pueden ser debidas a que mientras las ballenas están buceando, podrían no ser contadas, o incluso que algunas que se encuentran en la superficie tampoco sean vistas (Caughley, 1977 *En*: Jones y Swartz 1984; Eberhardt, 1978), razón por la que propusieron una manera de estimar la duración del tiempo potencial de detectabilidad de las ballenas en la laguna, con base en la velocidad del tránsito de las ballenas y la duración de sus buceos, para lo que establecieron como velocidad ideal del transecto 11 km/hr, debido a que es mayor a los 6 km/hr a que viajan las ballenas en la laguna según Gilmore (1960b). Con lo anterior se impide contar 2 veces la misma ballena, pero esta velocidad permite tener contacto visual al menos un par de veces en sus salidas a respirar, antes. Además, estos autores propusieron prevenir la pérdida por visibilidad realizando los censos a un Beaufort 2 como máximo y con observadores experimentados.

Para comprobar que la pérdida o no de avistamientos de ballenas durante los censos no fue significativa, al igual que Flores de Sahagún (1997), se realizaron comparaciones por medio de una prueba *t* entre los recorridos que realizamos durante 1996, ya que para esta temporada los realizamos de “ida y vuelta”. El resultado de estas comparaciones no mostró diferencias significativas entre el número de ballenas avistadas entre los censos de “ida” respecto a los de “vuelta”, ya fueran los adultos en general o por cada categoría (madres con cría o solitarios) Tabla XVII.

Tabla XVII. Comparación entre los censos de ballena gris de “ida” y “vuelta” por medio de la pureba *t*, en Laguna San Ignacio durante el invierno de 1996.

Categoría	<i>t</i> con 32 gl	<i>P</i>
adultos	0.055	0.956
madres con cría	0.702	0.488
solitarios	0.492	0.626



Temporada 1996

El conteo máximo de solitarios ocurrió en la misma fecha que el conteo combinado máximo, al igual que lo reportado por Jones y Swartz (1984) para las temporadas 1978-1982. También fue similar el comportamiento de la abundancia, de manera bimodal, con un pico durante la primera semana de febrero y el conteo combinado máximo en la primera de marzo, pero a diferencia de los estudios anteriores, el conteo combinado máximo, que fue en promedio el 15 de febrero, en este estudio difirió en dos semanas (2 de marzo), siendo el primer pico influenciado por el máximo de solitarios y el segundo por el máximo de madres con cría.

Swartz y Jones (1981) consideraron que no existen nacimientos después del 15 de febrero y que el incremento de hembras con cría después de tales fechas, son ballenas que provienen de otras zonas y que utilizan la Laguna como un área de tránsito y descanso. En el presente estudio fue justo el 17 de febrero que comenzó a repuntar el número de hembras con cría (Figura 10), sugiriendo la entrada de ballenas a la laguna; pero no se observó un incremento en la población de hembras con cría después de la partida de las ballenas solitarias, como el que reportaron Jones y Swartz (1984).

Temporada 1997

En esta temporada el conteo combinado máximo se presentó el 26 de febrero, una semana antes respecto a 1996 y una semana después del promedio estimado por Jones y Swartz (1984). Debido a que en 1997 el trabajo de campo se inició hasta el 11 de febrero, probablemente se perdió el registro de un número más alto de solitarios (ya que desde el primer conteo el número de solitarios descendió de manera constante), lo que también podría haber provocado que en este año la distribución de la abundancia fuera unimodal, a diferencia de lo observado durante 1996 y lo que encontraron Jones y Swartz (1984).

Respecto a 1996, para este año fue muy evidente la presencia de un pico de 130 madres con cría el 25 de marzo, que podría coincidir con lo que propusieron Swartz y Jones (1981), acerca de la entrada de ballenas provenientes del sur, las que permanecen poco tiempo dentro de la laguna, para continuar con su viaje migratorio hacia el norte.

Comparación con 1978-82



La oscilación en el calendario de los máximos de abundancia que encontramos entre 1996 y 1997, también fue reportada por Jones y Swartz (1984) para ese periodo, con fluctuaciones entre años consecutivos. Lo anterior indica un flujo continuo de ballenas hacia dentro y fuera de la laguna en cada temporada, situación que provocaba cambios constantes en la abundancia que podrían explicar la variabilidad en los picos de abundancia de cada año (Swartz y Jones, 1980). El conteo combinado máximo fluctuó del 2 de febrero en 1978 al 1 de marzo durante 1979. Estos autores determinaron el 15 de febrero \pm 3.9 días, como fecha promedio del conteo combinado máximo durante esos años. En 1996-97, la fecha promedio del conteo combinado máximo para ambos años resultó ser el 28 de febrero \pm 2.83 días (I.C. 95%), esto es, 13 días diferente, (Figura 31). Esto sugiere que dos temporadas en la Laguna San Ignacio, no es tiempo suficiente para comprender el comportamiento natural de la abundancia de ballenas grises; por lo que no es posible asegurar que los cambios en el comportamiento de la abundancia, se deban a cambios permanentes en las fechas migratorias o a la forma en que las ballenas utilizan esta zona.

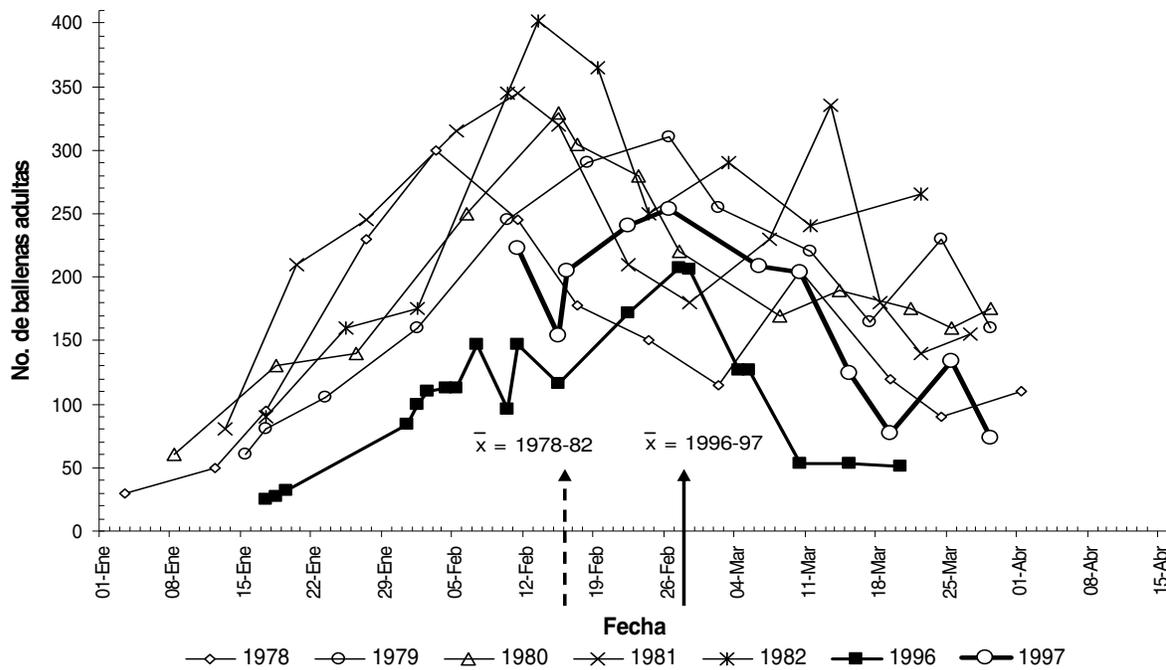


Figura 31. Número de ballenas grises censadas durante las temporadas de 1978-82 (Jones y Swartz, 1984) y 1996-97 (este estudio). La flecha discontinua indica la fecha promedio del conteo combinado máximo para el periodo 1978-82 y la continua para 1996-97.

Respecto a los máximos por categoría de ballenas, de acuerdo con la segregación en tiempo y de los solitarios y las madres con cría descrita por Jones y Swartz (1984); para dicho periodo, estos autores determinaron un incremento significativo en los conteos combinados máximos del 7.3% anual, de 300 a 407 ballenas adultas durante el periodo de 1978-1982, el cual se debió principalmente al incremento



significativo del 18.3% de las madres con cría (de 65 a 137 parejas), en comparación con los solitarios para los que el incremento fue únicamente del 2.7% y no significativo.

Al comparar los conteos combinados máximos para el periodo de 1979 a 1982 y 1985 realizados por Jones *et al.* (1984), con los realizados para el periodo 1996 a 1997 (Figura 33), se observó un decremento importante en el número de ballenas. Los solitarios, pasaron de máximos de 295 ballenas en 1985 a 115 en 1996 y 136 en 1997. Sin embargo las madres con cría no mostraron un decremento tan importante, pues para 1985 de un máximo de 100 parejas dentro de la laguna, durante 1996 y 1997 fluctuaron entre las 94 y las 144 parejas. Cuando se comparó la media estimada ambos periodos, las ballenas solitarias fueron la categoría con un mayor decremento, al cual representó un 49% menos en la laguna (Tabla XVIII, Figura 32).

Tabla XVIII. Número de ballenas grises registradas durante los conteos combinados máximos para los años de 1978-82, 85 y 1996-97. Se comparan los valores promedio, su desviación estándar y la diferencia entre ambos periodos.

Categoría	Periodo						Media	Desv. Est.	Periodo		Media	Desv. Est.	Diferencia (%)
	1978	1979	1980	1981	1982	1985			1996	1997			
Adultos	302	308	332	348	407	395	348.7	44.0	207	253	230	32.5	0.34
Sol	235	208	214	207	270	295	238.2	36.7	115	127	121	8.5	0.49
Mc	67	100	118	141	137	100	110.5	27.6	92	126	90	37.0	0.19



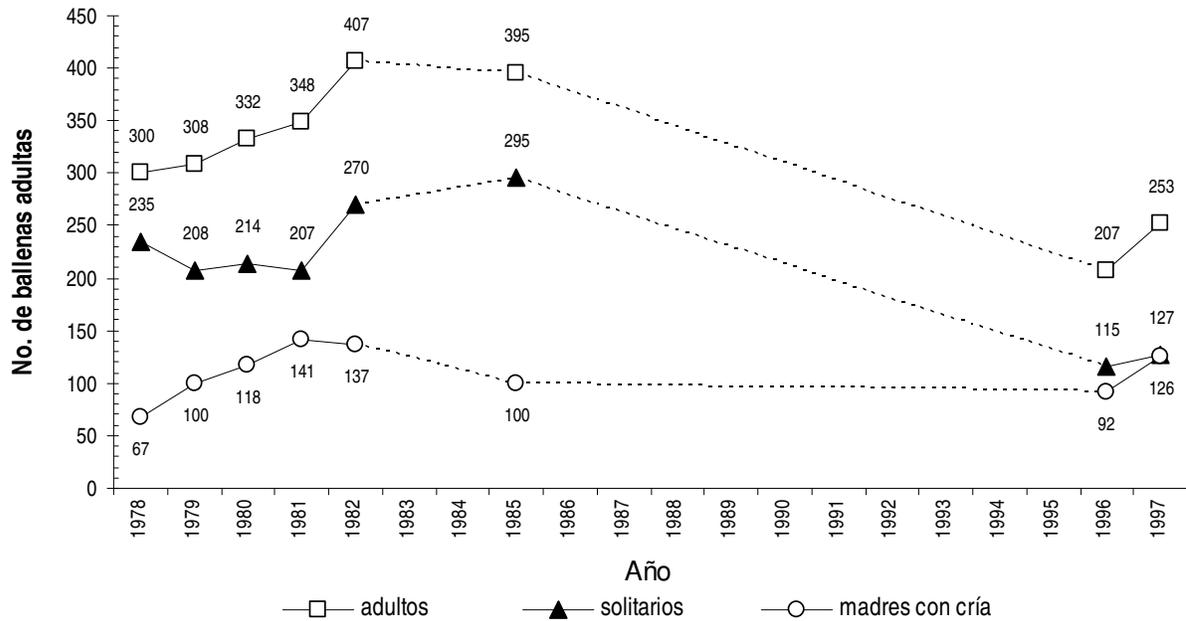


Figura 32. Abundancia máxima de ballenas grises en la Laguna San Ignacio, por categoría y año, (los datos de 1978-1982 y 1985 fueron tomados de Jones *et. al*, 1988).

De acuerdo con las estimaciones de abundancia de ballena gris en esta laguna, se puede observar que durante el periodo de 1978-82, la población de ballena gris en el Pacífico nororiental estaba creciendo (Jones y Swartz, 1984), y que ese crecimiento se vio reflejado en un incremento anual constante en el número de ballenas contadas en Laguna San Ignacio. Sin embargo, a pesar que la población de ballena gris continuó creciendo para el periodo de los años noventas (Richardson, 1997), los conteos de ballenas adultas en esta laguna durante el presente estudio presentaron un decremento del 34% respecto a los realizados para 1978-82, el cual se dio de manera más intensa para los solitarios (49%). Esto sugiere que ocurrieron procesos en esta zona, que provocaron cambios en el uso que las ballenas grises hicieron de esta laguna.

En estudios posteriores en esta zona (1998-2000), se observaron cambios importantes en la abundancia de ballenas, provocados principalmente por las condiciones oceanográficas impuestas por los efectos de “El Niño” y “La Niña” (Urbán *et al.* 2003), en donde se observó un decremento importante en el número de madres con cría, así como altos valores de mortalidad, sobre todo de ballenas adultas.

Distribución

Al analizar la abundancia de las ballenas en cada zona (superior, media e inferior o cercana a la boca), se pudo apreciar el patrón de distribución establecido por Jones y Swartz (1984) tal como se aprecia en las Figuras 18 y 19. En este estudio también se observó que la zona intermedia parece ser una zona de transición entre la superior y la inferior, ya que en esta zona pudimos registrar la presencia de ambas categorías en la mayor parte de la temporada (Figura 33).

Tal como planteó Swartz (1986), en el presente estudio se observó que la preferencia de las ballenas solitarias por la zona inferior puede los canales profundos de la misma, que permanecen con agua aún en condiciones de marea baja, además que permiten un rápido acceso al océano abierto lo que provoca que en estas zonas exista una gran actividad de ballenas en cortejo y apareamiento. En la zona superior, más somera, las principales actividades de las ballenas son el descanso y la crianza de los ballenatos. Esta gran actividad de cortejo y apareamiento en las zonas de entrada de otras lagunas, ya había sido observada por otros autores para Laguna Ojo de Liebre y Bahía Magdalena (Swartz, 1986).

De acuerdo con Jones y Swartz (1984), la zona inferior fue el área principal para los solitarios, situación que se pudo corroborar, ya que en esta zona hubo un 73% del total de los solitarios en la laguna durante el conteo combinado máximo, sin embargo para 1997 hubo un 49%, mientras que en la zona media hubo un 46%. Las principales diferencias entre la abundancia por zonas para las ballenas adultas entre los periodos 1978-82 y 85 respecto a 1996-97, fueron para la zona inferior, en donde hubo una disminución del 49%, de los cuales los solitarios disminuyeron en promedio un 55% su abundancia, mientras que las madres con cría tuvieron prácticamente la misma abundancia en ambos periodos (Tabla XIX). Para la zona intermedia se registró un incremento del 17% provocado por el 165% de incremento de las madres con cría y el decremento del 20% en los solitarios. En la superior fue muy notable el decremento de los solitarios en un 74% y casi el 30% en las madres con cría, provocando una disminución del 40% en esta zona. Es importante resaltar que aunque el mayor decremento en porcentaje se dio en los solitarios en la zona superior, el mayor decremento en número de individuos fue para esta categoría en la zona inferior.

Densidad



Para estimar la densidad de ballenas por zona, Jones y Swartz (1984), calcularon una superficie utilizable (con profundidad mayor a los 2 m) para la Zona Inferior de 17.5 km², área muy similar a la calculada en este estudio 17.42 km², para la Zona Intermedia ellos estimaron un área de 22.9 km² mientras que en el presente se estimó un área de 32.8 km², es decir una diferencia de casi 10 km² (43.7% más), y para la Zona Superior, mientras que ellos calcularon una superficie 46.6 km², en este estudio el cálculo fue de 51.85 km², es decir 5.25 km² de diferencia (11.3%). Esto indica que hubo cambios en la topografía del fondo de la laguna entre esos 14 años, pero es más probable que sea el resultado de metodologías o criterios diferentes al momento de elaborar los perfiles batimétricos, lo que desafortunadamente se desconoce.

Cuando se realizó el cálculo de la densidad para cada zona, se encontraron diferencias en la densidad entre la zona superior e inferior en 1996, mientras que en 1997 las tres zonas (inferior, media y superior) presentaron diferencias entre sí. Al comparar cada zona entre años, en ninguna se observaron diferencias significativas, sin embargo hay que hacer notar que el poder de las pruebas para las zonas media e inferior fue bajo, lo que podría provocar el cometer un error del tipo II, razón por la que estos resultados deberán ser tomados con cautela. El haber encontrado diferencias únicamente en la densidad de solitarios entre las zonas inferior y superior en ambos años, confirma lo propuesto por Jones y Swartz (1984), respecto al patrón de distribución.

Para ambos periodos (Tabla XX), se observó que en las tres zonas y para ambas categorías, hubo decrementos importantes en los valores de densidad promedio. Debido al aumento que se encontró en la superficie utilizable en la zona intermedia, a pesar de haber un incremento en el número de parejas de madres con cría, la diferencia respecto al periodo 1978-84 fue negativa.

La mayor diferencia entre los periodos fue en la zona inferior, ya que en 1982 esta zona llegó a presentar una densidad máxima de 10.72 solitarios/km², mientras que en 1996 fue de 4.82. Si consideramos que en esta zona la estimación del área utilizable fue prácticamente la misma para ambos periodos, entonces se puede plantear que la disminución no sucedió por cambios importantes en cuanto al área disponible en esta parte de la laguna, sino por un decremento real en el número de solitarios en estos años.

La población de ballena gris de esta región del Pacífico era mayor para el periodo de estudio, respecto a 1978-1982, e incluso presentaba tasas de crecimiento positivas en ambos periodos. Sin



embargo, el número de ballenas que registramos durante 1996-97 en esta laguna fue inferior al registrado durante 1978-82.

Una posible razón de los cambios en la abundancia de ballenas grises en Laguna San Ignacio, podrían ser variaciones en la abundancia de otras lagunas, lo que provocaría cambios en la distribución entre las diferentes áreas de agregación invernal. Urbán *et al.* (2003) comentan que en Laguna Ojo de Liebre, los conteos máximos han sido casi constantes, con la excepción de un par descensos drásticos en los años recientes, ambos seguidos de respectivas recuperaciones. Para la Laguna de Guerrero Negro se observaron decrementos importantes de inicios de los ochentas a finales de los noventas (Bryant *et al.* 1984; Urbán *et al.* 2003)) Para Bahía Magdalena, Fleischer y Beddington (1985) y Fleischer y Contreras (1986), registraron un máximo de 188 ballenas en 1985, pero Pérez-Cortés *et al.* (2000) y Urbán *et al.* (2003), registraron decrementos importantes en ambas categorías durante 1997-98 con una recuperación gradual hasta 2002.

Según los números anteriores, se comparó la proporción de ballenas que se distribuyeron entre las diferentes zonas de agregación invernal, se observó un incremento en Laguna Ojo de Liebre del 53% en 1980 al 72% en 1997, mientras que en Guerrero Negro y Bahía Magdalena se observó un incremento del 10% al 1% y del 5% al 1% respectivamente. Urbán *et al.* (2003), reportaron que en los solitarios se observó un incremento en Laguna San Ignacio del 12% al 20%, y un decremento en la Laguna Guerrero Negro (de 7% a 1%) y en el Canal de Santo Domingo (de 10% a 3%), De lo anterior se infiere que la disminución en el número de ballenas grises en Laguna San Ignacio durante 1996-97 respecto a 1978-82, no fue el resultado de cambios en la distribución hacia otras áreas de agregación invernal, sino que incluso esta distribución fue favorable hacia esta laguna.

Jones y Swartz (1984) plantean la importancia de conocer la distribución de las ballenas grises en las zonas cercanas a las bocas de las lagunas, pero fuera de éstas, situación que podría haberse incrementado por el crecimiento de la población. Se han realizado censos aéreos para observar esta situación en los años ochentas (Rice *et al.* 1981; 1982; Jones y Swartz, 1984) y en los años noventas (Urbán *et al.* 2003). Los resultados de tales estudios no indican cambios importantes, que expliquen las variaciones en la abundancia en Laguna San Ignacio; sin embargo, por la heterogeneidad de las metodologías empleadas en estos estudios, esta información debe tomarse con cautela.

Otros parámetros poblacionales que nos permiten especular sobre cambios en la dinámica de la población de esta especie, para explicar los cambios en la abundancia observados en Laguna San



Ignacio, son la tasa de mortalidad, la cual ha variado en los últimos años en las lagunas de reproducción, sin seguir una tendencia constante y posiblemente relacionadas más a variaciones climáticas, que como resultado en cambios permanentes en la dinámica de esta población (Le Boeuf *et al.*, 2000; Urbán *et al.* 2003), y el periodo reproductivo que aumentó significativamente de 2.11 años para el periodo 1978-1982 (Jones, 1990) a 2.5 años para 1996-2000 (Jones, 1990; Urbán y Gómez-Gallardo, 2000b).

La zona que presentó el mayor decremento en el número de ballenas en Laguna San Ignacio fue la zona inferior, y es en esta zona donde se permite el avistamiento de ballenas con fines turísticos oficialmente desde 1979 (Anónimo, 1979). Esta actividad de avistamiento turístico de ballenas se incrementó de manera irregular, en cuanto al número de embarcaciones y el tiempo que permanecieron en el área durante el periodo de 1978-82 (Jones y Swartz, 1984). Para los noventas el incremento de las actividades turísticas en esta zona se ha dado de manera exponencial, de poco más de 1,000 visitantes durante 1993 (Young y Dedina, 1994), hasta casi 3,000 en 1996 (Sánchez, 1997), lo que representó un incremento en el número de visitantes de 200% en 3 años. El número de embarcaciones que operaron al mismo tiempo en el área durante 1978-84 fue de 3 a 4 (Jones *et al.* 1984), hasta las 23 (12 al mismo tiempo) que operaron durante 1996 (Sánchez, 1997). De 1996 a 2000, no hubo días sin embarcaciones trabajando (Urbán y Gómez-Gallardo, 2000a).

Para el periodo de 1978-82 Jones y Swartz (1984) no encontraron un efecto directo de la presencia de embarcaciones respecto a la abundancia de ballenas. Sin embargo desde 1970 Gilmore (1976 *En*: Jones y Swartz, 1984), quien condujo la primer expedición sobre observación turística de mamíferos marinos en la Península de Baja California, prevenía acerca de los efectos negativos que estas actividades recreativas podrían tener en las zonas de crianza y apareamiento de ballena gris, las cuales aun no habían sido evaluadas. Gard (1974), mediante un estudio sistemático acerca de los efectos de las actividades humanas en las ballenas grises en sus lagunas de reproducción y por medio de observaciones desde el aire, concluyó que la mayor amenaza para las ballenas eran las excursiones que salían desde San Diego, California, para observar y fotografiar a estos animales, conclusión cuestionada pero que coincidió con las observaciones realizadas por Rice (Rice, 1985 *In* Reeves, 1977).

Durante 1997 se realizó el monitoreo de las actividades turísticas de observación de ballenas y su efecto, encontrando que, precisamente en la zona inferior, la abundancia de las ballenas tuvo una relación inversa significativa con la presencia de embarcaciones (Figura 34), pero en el caso de las madres con cría, tal relación no fue significativa (Mosig, 1998; Urbán y Gómez Gallardo, 2000a). Asimismo, Mosig (1998) con observaciones desde un punto fijo en tierra, concluye que cuando aumenta



el número de embarcaciones en la zona frente a Punta Piedra, disminuye el número de patrones conductuales, cualesquiera que estos sean. Con base en movimientos, vocalizaciones y respuestas conductuales de estas ballenas a la presencia de embarcaciones turísticas en Bahía Magdalena, Ollervides (2001) encontró reorientación en los movimientos de las ballenas, así como un cambio en las vocalizaciones de las ballenas, como respuesta al incremento del ruido ambiental, provocado para ambos casos por la presencia de las embarcaciones turísticas.

A partir de observaciones desde un faro en la Bahía de Todos Santos, B.C., Haeckel (2001) y Haeckel *et al.* (2001), determinaron que la varianza de la rapidez de nado de las ballenas, mostró diferencias significativas sin barcos y con barcos de observación turística, tanto en la migración al norte como al sur, además que el acercamiento de frente a las ballenas por los barcos de observación, cambió significativamente la variabilidad de su dirección de nado.

De acuerdo con lo revisado, se puede plantear que las actividades turísticas en esta laguna, las que además se realizan en la zona que prefieren los solitarios (zona inferior), son la mejor explicación acerca del decremento en el número y densidad de los solitarios en esta zona, por las siguientes razones:

- La población para el periodo 1996-97 es mayor respecto al periodo 1978-82;
- Hasta 1996 continuaba con una tasa de crecimiento positiva;
- Las proporciones en la distribución de ballenas en las distintas áreas de agregación invernal no han cambiado de manera negativa en Laguna San Ignacio;
- El incremento tan acentuado en las actividades turísticas en esta laguna;
- La influencia de las actividades turísticas, que modifican el comportamiento de las ballenas, situación que ha sido reportada en distintas zonas incluyendo esta laguna.

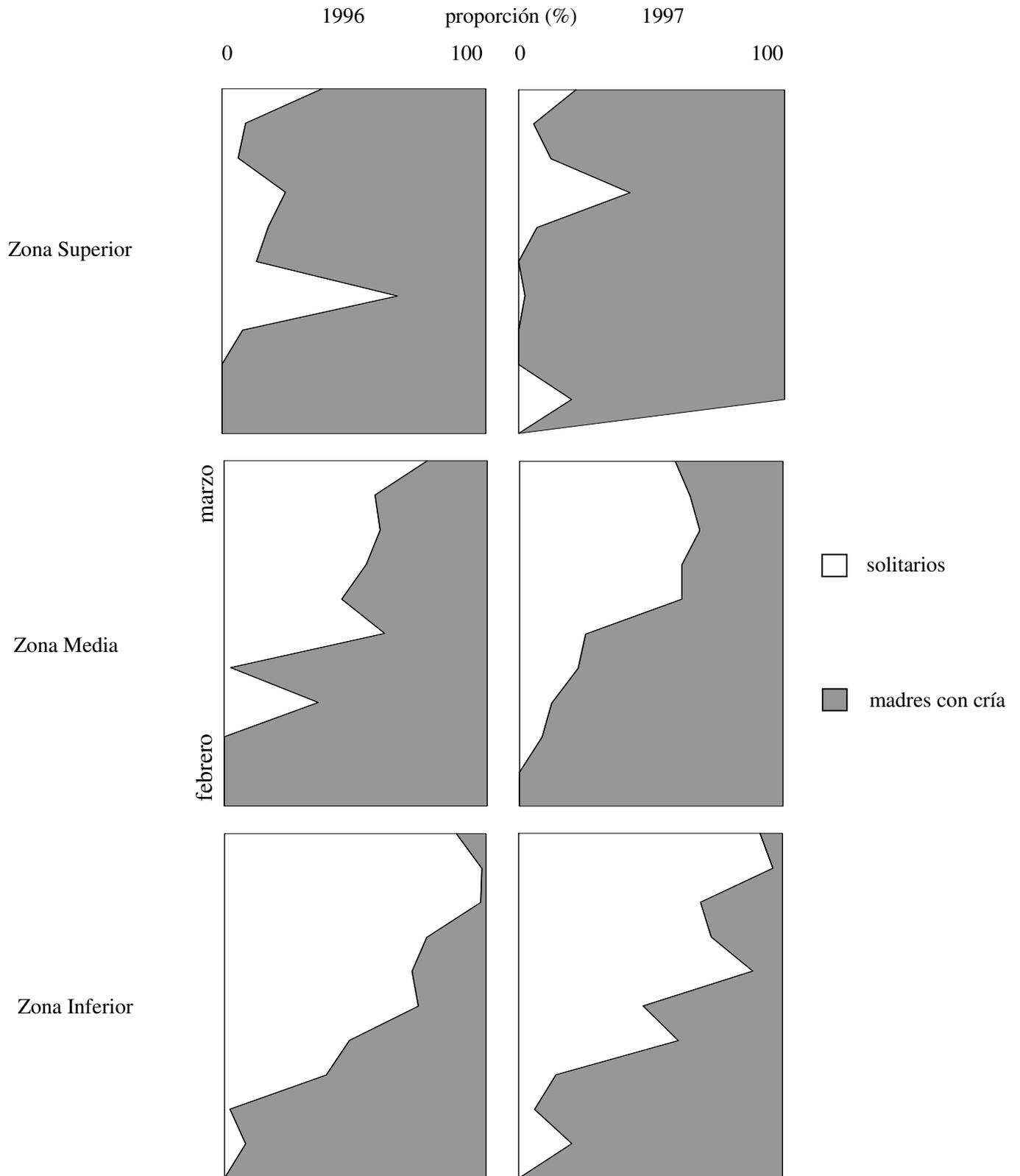


Figura 33. Patrón de la distribución de las ballenas grises en la Laguna San Ignacio, por zona, categoría y año (1996 -1997). Horizontalmente está representada la proporción (%) de la abundancia respecto del total para cada zona y verticalmente el tiempo

Tabla XIX. Resumen histórico de la abundancia máxima de ballenas grises en la Laguna San Ignacio, por categoría y año. adl=ballenas adultas; sol=ballenas adultas sin cría, mc=parejas de ballenas adultas con cría. (los datos de 1978-1982 y 1985 fueron tomados de Jones *et al.* 1994)

Año	Inferior			Media			Superior		
	adl	sol	mc	adl	sol	mc	adl	sol	mc
1978	137	129	8	73	69	4	92	37	55
1979	168	144	24	50	33	17	90	31	59
1980	153	144	9	69	60	9	110	10	100
1981	158	134	24	72	56	16	118	17	101
1982	202	187	15	67	52	15	138	31	107
1985	285	239	46	58	42	16	52	14	38
Promedio	183.83	162.83	21.00	64.83	52.00	12.83	100.00	23.33	76.67
+/- I.C. 95%	43.28	34.08	11.27	7.22	10.31	4.16	23.56	8.83	23.56
1996	117	84	33	56	25	31	34	6	28
1997	70	62	8	96	59	37	87	6	81
Promedio	93.50	73.00	20.50	76.00	42.00	34.00	60.50	6.00	54.50
+/- I.C. 95%	46.06	21.56	24.50	39.20	33.32	5.88	51.94		51.94
1978-82 y 85 vs 1996-1997	-90.33	-89.83	-0.50	11.17	-10.00	21.17	-39.50	-17.33	-22.17
Proporción (%)	- 49	- 55	- 2	17	- 19	165	- 40	- 74	- 29



Tabla XX. Resumen histórico de la densidad (No. de ballenas por km²) de ballenas grises en la Laguna San Ignacio, por categoría y año. adl=ballenas adultas; sol=ballenas adultas sin cría, mc=parejas de ballenas adultas con cría. (los datos de 1978-1982 y 1985 fueron tomados de Jones *et al.* 1994)

Año	Inferior (17.42 km ²)*			Media (32.8 km ²)*			Superior (51.85 km ²)*		
	adl	sol	mc	adl	sol	mc	adl	sol	mc
1978	8.31	7.39	0.92	3.36	3.01	0.35	3.15	0.79	2.36
1979	11.00	8.25	2.75	2.92	1.44	1.48	3.20	0.66	2.53
1980	9.28	8.25	1.03	3.40	2.62	0.79	4.50	0.21	4.29
1981	10.43	7.68	2.75	3.84	2.44	1.40	4.70	0.36	4.33
1982	12.44	10.72	1.72	3.58	2.27	1.31	5.25	0.66	4.59
Promedio	10.29	8.46	1.83	3.42	2.36	1.07	4.16	0.54	3.62
+/- I.C. 95%	1.39	1.16	0.78	0.30	0.51	0.42	0.82	0.21	0.95
1996	6.72	4.82	1.89	1.71	0.76	0.95	0.66	0.12	0.54
1997	4.02	3.56	0.46	2.93	1.80	1.13	1.68	0.12	1.56
Promedio	5.37	4.19	1.18	2.32	1.28	1.04	1.17	0.12	1.05
+/- I.C. 95%	2.64	1.24	1.41	1.20	1.02	0.18	1.00		1.00
1978-85 vs 1996-1997	- 4.92	- 4.27	- 0.66	- 1.10	- 1.08	- 0.03	- 2.99	- 0.42	- 2.57
Proporción (%)	- 48	- 50	- 36	- 32	- 46	- 3	- 72	- 78	- 71

* Área calculada para este estudio (1996-97), de la que se derivan los únicamente los resultados de dicho periodo, los resultados para 1978-82 fueron tomados de Jones y Swartz (1984)



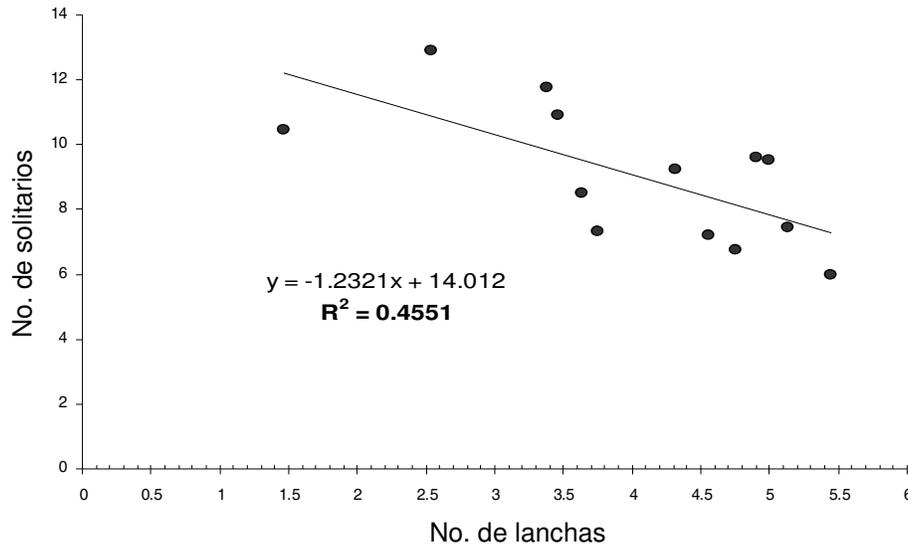


Figura 34. Regresión lineal de la abundancia diaria de lanchas de observación turística y solitarios, en el área de observación turística (frente a Punta Piedra) de la Laguna San Ignacio, B.C.S., durante enero y febrero de 1997 (modificado de Urbán y Gómez-Gallardo, 2000a).

Permanencia

Tomando en cuenta los datos de permanencia entre las recapturas de 1996 y 1997, se puede observar que, cuando las hembras presentan cría, permanecen más tiempo dentro de la laguna respecto a cuando no dan a luz (Tabla XXI), situación similar a la mencionada por Swartz y Cummings (1978).

La permanencia de los solitarios fue mayor durante 1997 respecto a 1996, ya que aumentó de 2.6 a 6.25 días en promedio, mientras que la diferencia en su abundancia no fue muy importante (de 115 a 126), por lo que no se encuentra una relación entre estos hechos.



Tabla XXI. Categoría y permanencia de las recapturas encontradas entre 1996 y 1997 en Laguna San Ignacio, B.C.S.

No. de catálogo	CATEGORÍA		PERMANENCIA (días)	
	1996	1997	1996	1997
d 023	mc	s	16	menos de 24 hr
d 035	mc	s	menos de 24 hr	menos de 24 hr
d 058	s	mc	menos de 24 hr	15
d 061	s	s	3	menos de 24 hr
d 093	s	s	menos de 24 hr	menos de 24 hr
d 106	s	mc	menos de 24 hr	1
d 119	?	s	menos de 24 hr	menos de 24 hr
d 148	s	s	4	menos de 24 hr
1422	s	mc	menos de 24 hr	21

Para determinar si la permanencia se debe al intercambio de las ballenas fuera y dentro de la laguna, en 1980, Jones y Swartz (1984) realizaron conteos aéreos sistemáticos en la boca de entrada a la laguna y en el canal Este, en los que durante el conteo combinado máximo, el 27% de los adultos contados (119 solitarios y 5 madres con cría) estaban en la boca, el 72% en el interior de la laguna (214 solitarios y 118 madres con cría) y 1% en el Canal Este (2 madres con cría).

Jones (1985), estimó una residencia menor a una semana del 81% de los solitarios mediante fotoidentificación. Swartz (1986), reportó altos números de ballenas entrando y saliendo de la laguna a través de la boca de la laguna, los cuales fueron independientes de la marea. Harvey y Mate (1984), con marcas de radio VHF implantadas en las ballenas, estimaron tiempos cortos de residencia para las ballenas durante 1980, así como una acentuada tasa de intercambio. Durante 1996, Mate *et al.* (2002) con marcas de satélite, encontraron resultados similares, en donde las madres con cría permanecieron por más tiempo dentro de la laguna respecto a los solitarios y, aunque realizaron movimientos dentro y fuera de ésta, su ubicación fue principalmente en zonas al interior de la misma, mientras que el 65% de los solitarios fueron en áreas fuera de la laguna

La preferencia de los solitarios de ocupar las zonas de entrada a las lagunas (bocas), también fue documentada por Gilmore (1960a; 1960b), para Laguna Ojo de Liebre y Bahía Magdalena. En general,

se ha sugerido que en esta zona de canales regularmente más profundos se facilita el intercambio con el exterior y que las ballenas pueden efectuar sus actividades de apareamiento e incluso alimentarse (Gilmore, 1960b; Jones y Swartz, 1984)

Los resultados de permanencia que se obtuvieron en el presente coincide con lo planteado en los estudios mencionados (Tabla VIII).

Filopatría de las madres con cría

El número de recapturas de ballenas entre 1996 y 1997 fue muy bajo, además que solamente tuvimos algunas de madres con cría. Es importante considerar que el tiempo de residencia de los solitarios fue muy corto, por lo que la probabilidad de recapturarlos fue mucho menor que a las madres con cría.

Swartz (1986), con base en avistamientos en más de una laguna en la misma temporada (registrados por fotografías), reporte que algunas hembras utilizan diferentes lagunas en años distintos y algunas incluso en el mismo año, mientras los solitarios (presumiblemente machos) más de una laguna en el mismo año.

Goerlitz *et al.* (2001), por medio de análisis genéticos de 83 ballenas grises de estos años (1996 y 1997), proponen que cuando las ballenas vienen a parir, su distribución en Laguna San Ignacio es recurrente, presentando fidelidad migratoria hacia esta laguna, pero que los se distribuyen en toda el área de agregación invernal para el cortejo y apareamiento. Esto podría explicar los valores de fidelidad tan bajos en este estudio, ya que las ballenas grises tienen una tasa reproductiva un poco superior a los dos años, con lo que las hembras un año paren y al otro se aparean (es decir son solitarios).

Número de ballenas grises que visitaron Laguna San Ignacio

Con base en los resultados de la permanencia de estudios anteriores (Jones y Swartz, 1984; Harvey y Mate, 1984; Mate *et al.*, 2002) y en los resultados de permanencia que se obtuvieron durante 1996, se realizó la estimación del número de ballenas que visitaron la laguna en 1997 para cada categoría por separado. Lo anterior debido a que tener distintos tiempos de residencia, provoca que la tasa de intercambio de animales de cada categoría sea distinta, por lo que deberán manejarse como entidades individuales al momento de utilizar cualquier modelo de captura-recaptura, para cumplir con



el supuesto que establece que todos los animales deberán tener la misma probabilidad de ser recapturados.

La estimación del número de madres con cría de 248 parejas, fue un 73.4% mayor al máximo de 143 madres con crías que fueron contadas durante los censos. Para los solitarios, la estimación de 2,573 ballenas fue casi 19 veces superior al máximo de 136 solitarios contados.

La gran diferencia entre la estimación del número de madres con cría y la de solitarios fue la esperada, dado los tiempos de residencia tan diferentes entre ellos (19.7 para las madres con cría y 6.25 para los solitarios) y sobre todo, que el número de recapturas fuera tan bajo en los solitarios (únicamente 4) y mucho mayor para las madres con cría (43).

La estimación de los intervalos de confianza con 1,000 simulaciones al 90%, puede dar una mejor aproximación a lo que sucede en la Laguna San Ignacio, en cuanto al intercambio de ballenas entre el interior y exterior de la laguna, dado que el límite superior del intervalo para los solitarios se dispara cuando establecemos un nivel de confianza del 95%, casi doblando en magnitud al calculado al 90% (Tablas XVI y XVII).

Como se mencionó en la metodología, se usó un bootstrap no paramétrico y una serie de simulaciones Monte Carlo, para la estimación de los intervalos de confianza del modelo de captura-recaptura propuesto por Darling y Morowitz (1986). Utilizar un bootstrap no paramétrico, permite la estimación de variancias e intervalos de confianza robustos, eliminando lo inapropiado de los intervalos simétricos, para los métodos de muestreo con reemplazo utilizados en las técnicas de captura-recaptura, en aquellos modelos en donde no existe otra alternativa para estimar los intervalos de confianza (Buckland y Garthwaite, 1991). Los mismos autores mencionan que un bootstrap no paramétrico es más conocido, y en un sentido superior al paramétrico, debido a que contempla un menor número de supuestos, además que el procedimiento de muestreo se implementa más fácilmente en aquellos modelos que dependen del tiempo.

Para estimar los intervalos de confianza al 95% por medio de simulaciones Monte Carlo, Buckland (1984) menciona que 1,000 simulaciones es el número mínimo satisfactorio. Efron (1982) propuso un método de percentiles con corrección para sesgo cuando la condición de simetría falla. Sin embargo Buckland (1984) menciona que este método no es recomendable cuando el tamaño de muestra es pequeño, ya que en estos casos los intervalos son muy amplios a diferencia del que no presenta la corrección, razón por la cual no se usó esta corrección para sesgo.



A pesar de todas las consideraciones para minimizar los efectos externos en la estimación del número de ballenas grises que visitaron la laguna durante 1997, los intervalos de la estimación para los solitarios fueron muy amplios, por lo que esta estimación deberá tomarse con todas las precauciones del caso. Este intervalo tan amplio puede deberse principalmente al alto grado de intercambio de los solitarios, así como su permanencia tan corta en la laguna. Lo anterior puede indicar que el esfuerzo de muestreo deberá reforzarse en investigaciones futuras, para tener un mayor número de recapturas y minimizar el error de la estimación.

Para 1997-98 Hobbs y Rugh (1999) estimaron una población de ballena gris en el Pacífico nororiental de 26,635 individuos (I.C. 95% = 21,878 a 32,427). Jones y Swartz (1984) calcularon una proporción de sexos 1:1 para las ballenas muertas encontradas en las 4 lagunas en todas las clases de edad, situación similar a la reportada por Rice y Wolman (1971), quienes determinaron una proporción de sexos 1:1 en todas las clases de edad para las ballenas cazadas durante su migración.

Considerando que las estimaciones de la población se realizan con base en el registro de las ballenas que están efectuando la migración hacia el sur, supondremos que a las lagunas de reproducción llegan un total de 25,000 ballenas. De éstas, el 50% serían machos (solitarios) y el otro 50% hembras, entre las que habría madres con cría y solitarios hembras, las cuales según lo calculado por Urbán *et al.* (2003) para el periodo 1996-2000, presentaron un intervalo de nacimientos promedio de 2.5 años, con lo que el 40% de las hembras ($100/2.5$) vendrían a parir y el 60% restante pertenecerían a la categoría de solitarios. De esta manera habría un total de 12,500 machos y 7,500 hembras sin cría, es decir alrededor de 20,000 solitarios.

La estimación de solitarios que se realizó para la laguna San Ignacio en 1997 fue de 2,573 ballenas, lo que representaría que un 12.87% del total de solitarios de la población de ballena gris del Pacífico nororiental, visitaron esta laguna durante ese año. Si contrastamos este resultado con el número máximo de solitarios contados durante los censos que efectuamos ese año, que fueron 136, estos representaron un 0.68% respecto al total de solitarios.

Brownell *et al.* (2001) mencionan que los censos en las lagunas representan “fotografías” del número de ballenas que utilizan las lagunas, por lo que es importante evaluar el uso de las lagunas de reproducción, para estar en condiciones de estimar el número total de ballenas que visitan cada zona y conocer que proporción de la población las utiliza.



La necesidad de contar con información de este tipo, ayuda a comprender el papel que juega cada zona en la dinámica poblacional de esta especie, además permite contar con más elementos para la toma de las decisiones administrativas relativas al aprovechamiento y conservación, tanto de la especie como de su hábitat. Lo anterior ha sido planteado por investigadores nacionales y extranjeros, en las reuniones realizadas para revisar el *status* de la población nororiental de esta especie en el Pacífico (Rugh *et al.* 1999), así como en el seno de la Comisión Ballenera Internacional (Brownell *et al.* 2003).

CONCLUSIONES

Después de revisar los componentes del uso que hicieron las ballenas grises de la Laguna San Ignacio, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997 y de compararlos con los estudios que el Dr. Steven Swartz y colaboradores realizaron en esta laguna durante 1978 a 1982, se pudo comprobar que hubo cambios importantes entre los dos periodos:

Abundancia

- La fecha promedio del conteo combinado máximo para 1996-1997 resultó ser el 28 de febrero \pm 2.83 días (I.C. 95%), 13 días más tarde respecto al periodo 1978-1982 y 85 (Jones y Swartz, 1984)
- Hubo un decremento del 49% en el número de solitarios en la laguna durante estos años. Las madres con cría no mostraron un decremento tan importante.

Distribución

- El patrón de distribución de las ballenas en la laguna, fue similar al descrito por Jones y Swartz (1984) para 1978-1982, con mayor utilización de la zona inferior por parte de los solitarios, con las madres con cría segregadas a las zonas superiores de la misma (media y superior) al inicio de la temporada. Desde mediados de marzo, las madres con cría se presentaron con mayor frecuencia cada vez en las zonas inferiores, conforme los solitarios abandonaban la laguna.
- Las principales diferencias entre la abundancia de las ballenas por zonas entre ambos periodos, fue para la zona inferior con una disminución del 49% en 1996-97, de los cuales los solitarios fueron el principal componente.
- La zona superior fue la que presentó los menores valores de ballenas por km² densidad, mientras que la zona inferior tuvo los valores significativamente más altos de respecto a la superior.
- Al comparar la densidad promedio entre los dos periodos, se observaron decrementos importantes en los valores de la densidad promedio. La mayor diferencia se presentó en la zona inferior, donde hubo 4.27 ballenas por km² menos en 1996-1997 respecto a 1978-1982 y 1985.

Residencia

- El tiempo de residencia de las madres con cría fue significativamente mayor al de los solitarios en ambos años, coincidiendo con los resultados de investigaciones anteriores.



Número de ballenas que visitaron la laguna

- Se estimó que un total de 248 (206 a 300) parejas de madres con cría visitaron esta laguna durante 1997. Para los solitarios la estimación fue de 2,573 (1,168 a 16,365), lo que representó que más del 10% del total de ballenas de la población de ballena gris en el Pacífico nororiental utilizaron esta laguna.



LITERATURA CITADA

- Adams, L. 1968. Census of the gray whale, 1966-67. *Norsk Hvalfangsttid*, 57(2):40-43.
- Anónimo, 1972a. “Decreto que declara zona de refugio para ballenas y ballenatos, las aguas del área de la Laguna Ojo de Liebre, al sur de la Bahía Sebastián Vizcaíno, en el litoral del Océano Pacífico, Territorio Sur de Baja California Sur”. *Diario Oficial de la Federación*, 14 de enero, pp 4-5.
- Anónimo, 1972b. “Decreto por el que se declara zona de reserva y refugio de aves migratorias y de la fauna silvestre, la constituida por la Laguna Ojo de Liebre y San Ignacio dentro del área que comprende, en la costa del Territorio Sur de Baja California”. *Diario Oficial de la Federación*, 11 de septiembre, pp 4-5.
- Anónimo, 1979. “Decreto por el que se declara como refugio para ballenas grávidas y ballenatos y zona de atracción turístico-marítima, las aguas de la zona interior de la Laguna de San Ignacio, en el Estado de Baja California Sur”. *Diario Oficial de la Federación*, 16 de julio, pp 23-24.
- Anónimo, 1980. “Decreto por el que se modifica el diverso de 6 de diciembre de 1971, declarándose como zona de refugio para ballenas y ballenatos las aguas del complejo Laguna Ojo de Liebre, ubicados en Baja California Sur”. *Diario Oficial de la Federación*, 28 de marzo, pp 36-37.
- Anónimo, 1988. “Decreto por el que se declara la Reserva de la Biosfera “El Vizcaíno”, ubicada en el Municipio de Mulegé, B.C.S.”. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de noviembre, pp 2-26.
- Anónimo, 1995. *Boletín de la Sociedad Mexicana para el Estudio de los Mamíferos Marinos*, A.C. octubre, 1995. 1(1): 3.
- Anónimo, 1996. Chairman’s Report of the Forty-Seven Annual Meeting. *Rep. Int. Whal. Commn* 46.
- Anónimo, 2000. Norma Oficial Mexicana Que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat. NOM-131-ECOL-1998 publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 10 de enero de 2000.
- Anónimo, 2003. Appendix 3: Classification of the Order Cetacea (whales, dolphins and porpoises). En: *J. Cetacean Res. Manage.* 5(1):xi-xii.
- Aurioles G., D., Urbán R., J. y Morales V., B. 1993 Programa nacional de investigación sobre mamíferos marinos. En: Salazar-Vallejo S.I. y González N.E (eds.), *Biodiversidad marina y costera de México*, pp. 139-159, Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
- Baird, R.W., Stacey P.J., Duffus D.A. y Langelier K.M.. 1990. An evaluation of gray whale (*Eschrichtius robustus*) mortality incidental to fishing operations in British Columbia, Canada. Trabajo SC/A90/G21 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC). Abril 1990. No publicado.



- Barnes, L.G. y McLeod, S.A. 1984. The fossil record and phyletic relationships of gray whales. pp. 3-32. *En*: Jones, M.L., Swartz, S.L. y Leatherwood, S. (Eds). *The Gray Whale Eschrichtius robustus*. Academic Press. Orlando. 600 pp.
- Berdegué, J. 1956. Último censo de la ballena gris, *Rhachianectes glaucus* Cope, en aguas de Baja California. *Ciencia*, 16(4-6): 99-109.
- Bigg, M.A., Ellis G.M. y Balcomb K.C..1986. The photographic identification of individual cetaceans. *Whalewatcher* 20(2):10-12.
- Brownell, R.L., Rojas B., JR., Swartz, S.L., Urbán R, J., Jones, M.L., Pérez-Cortes, H., Perryman, W. y DeMaster, D. 2001. Status of the eastern gray whale population: past and future monitoring. Documento SC/53/BRG21 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC). Julio 2001, Londres, Inglaterra. 11 pp. No Publicado.
- Buckland, S.T. 1984. Monte Carlo Confidence Intervals. *Biometrics* 40:811-817.
- Buckland, S.T. y Garthwaite P.H., 1991. Quantifying Precision of Mark-Recapture Estimates Using the Bootstrap and Related Methods. *Biometrics* 47:255-268.
- Buckland, S.T., Breiwick, J.M., Cattanach, K.L., y J.L. Laake. 1993. Estimated population size of the California gray whale. *Mar. Mam. Sci.*, 9(3): 235-249.
- Calambokidis, J., Evenson, J.R., Steiger, G.H. y S.J. Jeffries. 1994. *Gray whales of Washington State: Natural history and photographic catalogue*. Cascadia Research Collective, Olympia, Washington. 60 pp.
- Dahlheim, M.E. 1983. Acoustical studies on the gray whale (*Eschrichtius robustus*) in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. No Publicado. Reporte final a la Secretaría de Pesca, México. 55 pp.
- Dahlheim, M.E. 1985. A comparison of the acoustical environments and activities of the gray whale (*Eschrichtius robustus*) in the Bering Sea, Alaska, and Baja California, México. Memoria de la X Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. 24-27 de marzo, pp. 37-70, Secretaría de Pesca y Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Dahlheim, M.E., Fisher, J.K. y J. Schemmp. 1984. Sound production by the gray whale (*Eschrichtius robustus*) and ambient noise levels in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. *En*: Jones, M.L., Swartz, S.L. y Leatherwood, S. (eds.) pp. 499-529. *The Gray Whale, Eschrichtius robustus*. Academic Press, Orlando 600 pp.
- Darling, J.D. y Morowitz, H. 1986. Census of Hawaiian humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification. *Can. J. Zool.* 64:105-111.
- Dedina, S. y Young E.H., 1995. Conservation and development in the gray whale (*Eschrichtius robustus*) lagoons of Baja California Sur, Mexico. Report to the U.S. Marine Mammal Commission. Contract No. T10155592.
- Eberhardt, R.L. 1978. Transect Methods for Population Studies. *J. Wildl. Manage.* 42:1-31.



- Eberhardt, R.L. y Norris K.S. 1964. Observations on newborn Pacific gray whales (*Eschrichtius glaucus* Cope) on Mexican calving grounds. *J. Mamm.* 45(1):88-95.
- Efron, B. 1982. An Introduction to the Bootstrap and Other Resampling Plans. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Fleischer, L. A. y Beddington S. 1985. Seasonal abundance, reproduction and early mortality rates of gray whales (*Eschrichtius robustus*), in Mexican waters (1980-1985). Documento SC/A90/G29 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC), junio de 1985. No publicado.
- Fleischer, L. A. y Contreras U., J. 1986. Censos de ballenas grises (*Eschrichtius robustus*) en Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera* 5:51-62.
- Fleischer, L. A. y Maravilla Ch., O. 1990. Presence of gray whales (*Eschrichtius robustus*) in the Gulf of California, México. Trabajo SC/A90/G30 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC). Marzo 1990. No publicado. 306 pp.
- Flores de Sahagún, V.H. 1997. Abundancia y distribución espacio-temporal de la ballena gris *Eschrichtius robustus* (Lilljeborg, 1861) en la Laguna San Ignacio, B.C.S. Temporada 1996. Universidad Autónoma de B.C.S. Tesis de Licenciatura. 69 pp.
- Galina, P.S., Alvarez, A., González, R. y Gallina, S. 1991. Aspectos generales sobre la fauna de vertebrados. pp. 177-209 En: A. Ortega y L. Arriaga (Eds.) *La reserva de la biosfera el Vizcaíno en la Península de Baja California*. CIB. La Paz, B.C.S. 317 pp.
- Gard, R. 1974. Aerial census of gray whales in Baja California lagoons, 1970 and 1973, with notes on behavior, mortality and conservation. *Calif. Fish Game* 60(3):132-144.
- Gard, R. 1978. Aerial census and population dynamics study of gray whales in Baja California during de 1976 calving and mating seasons. U.S. NTIS PB Report PB-275297: 1-24.
- Geraci, J.R. y Lounsbury V.J. 1993. *Marine mammals ashore: a field guide for strandings*. Texas A&M Sea Grant Publications. Texas, USA. 304 pp.
- Gilmore, R.M. 1960a. Census and migration of the California gray whale. *Nor. Hvalfangst-Tid.* 49(9): 409-431.
- Gilmore, R.M. 1960b. A census of the California gray whale. *U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish.*, 342: 1-30 pp.
- Gilmore, R.M. y Ewing G.. 1954. Calving of the California grays. *Pac. Disc. Cal. Acad. Sci.* 7(3):13-15.
- Gilmore, R.M. y Mills J.G. 1962. Counting of gray whales in the Gulf of California. *Pac. Disc. Cal. Acad. Sci.* 15(2): 26-27.
- Gilmore, R.M., Brownell R.L., Mills J.G. y Harrison A. 1967. Gray whales near Yavaros southern Sonora, Golfo de California, México. *Trans. of the San Diego Soc. of Nat. Hist.* 14(16): 197-204.



- Goerlitz D., Belson M., Urbán R., J. y Schaeff C. 2001. Genetic Population Structure of Eastern North Pacific Gray Whales (*Eschrichtius robustus*) on Winter Breeding Grounds in Baja California. Abstracts. 14th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Vancouver, Canadá, noviembre 28 a diciembre 3. pp. 84.
- Gordon, D.G. y Bladridge A. 1991. *Gray Whales*. Monterey Bay Aquarium Foundation, Monterey, California, U.S.A. 64 pp.
- Harvey, J.T. and Mate B.R. 1984. Dive characteristics and movements of radio-tagged gray whales in San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, Mexico. Pp. 561-575 En: Jones, M. L., S.L. Swartz, and J.S. Leatherwood (eds): *The Gray Whale*. Academic Press, Orlando 600 pp.
- Heckel, G. 2001. Influencia del ecoturismo en el comportamiento de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) en la Bahía de Todos Santos, Baja California, y aguas adyacentes: Propuesta de un plan de manejo. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Baja California. 121 pp.
- Heckel, G., Reillt, S.B., Sumich, J.L. and Espejel, I. 2001. The influence of whalewatching on the behaviour of migrating gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Todos Santos Bay and surrounding waters, Baja California, Mexico. *J. Cetacean Res. Manage.* 3(3): 227-237.
- Henderson, D.A. 1984. Nineteenth century gray whale whaling: grounds, catches and kills. Practices and depletion of the whale population. pp. 159-186. En: Jones, M.L., Swartz, S.L. y Leatherwood, S. (Eds). *The Gray Whale Eschrichtius robustus*. Academic Press. Orlando. 600 pp.
- Heyning, J.E. y Dahlheim M.E. 1990. Strandings, incidental kills, and mortality rates of gray whales. Trabajo SC/A90/G2 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC). Abril 1990. No publicado. 20 pp. + tablas y figuras.
- Heyning, J.E. y Lewis T.D.. 1990. Entanglements of baleen whales in fishing gear off southern California. . *Rep. Int. Whal. Commn* 40:427-431.
- Hobbs, R.C. y Rugh, D.J. 1999. The abundance of gray whales in the 1997/98 southbound migration in the eastern North Pacific. Documento SC/51/AS10 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC). Mayo 1999, Grenada, WI. 13pp. No Publicado
- Hubbs, C.L. y Hubbs L.C.. 1967. Gray whale censuses by airplane in Mexico. *Cal. Fish Game* 53(1): 23-27.
- Jones, M.L. 1985. Photographic identification study of gray whale reproduction, distribution and duration of stay in San Ignacio lagoon, and inter-lagoon movements in Baja California. Abstracts de la Sixth Biennial Conference on the Biology of Marina Mammals. Vancouver, Can., noviembre de 1985.
- Jones, M.L. 1990. The reproductive cycle in gray whales based on photographic resightings of females on the breeding grounds from 1977-82.. En: Hammond, P.S., Mizroch, S.A. y Donovan G.P. (eds) *Individual recognition of cetaceans: Use of photoidentificacion and other techniques to estimate population parameters*, pp. 177-182, *Rep. Int. Whal. Commn. (Special Issue 12)* U.K. 440 pp.



- Jones, M.L. y Swartz S.L. 1984. Demography and phenology of gray whales and evaluation of whale-watching activities in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. *En: Jones, M.L., Swartz, S.L. y Leatherwood, S. (eds.) pp. 309-374. The Gray Whale Eschrichtius robustus*, Academic Press, Orlando, 600 pp.
- Jones, M.L. y Swartz S.L. 1986. Demography and phenology of gray whales and evaluation on whale-watching activities in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico: 1978-1982. *U. S. Department of Commerce N.T.I.S. Publication PB 94-195062*, 38 pp.
- Jones, M.L., Swartz, S.L. y M.E. Dahlheim. 1984. Census of gray whale abundance in San Ignacio Lagoon: a follow-up study in response to low whale counts recorded during an acoustic playback study of noise-effects on gray whales. *U.S. Department of Commerce N.T.I.S. Publication PB 86-2190778*, 69 pp.
- Kim, S.L. y J.S. Oliver. 1989. Swarming benthic crustaceans in the Bering and Chukchi seas and their relation to geographic patterns in gray whale feeding. *Can. Jour. Zool.* 67:1531-1542.
- Leatherwood, J.S. 1974. Aerial observations of migrating gray whales, *Eschrichtius robustus*, off southern California, 1969-72. *Mar. Fish. Rev.* 36(4):50.
- LeBoeuf, B.J., Pérez-Cortez M.,H., Urbán R., J. Mate, B.R. y Ollervides U., F. 2000. High gray whale mortality and low recruitment in 1999: potential causes and implications. *J. Cetacean Res. Manage.* 2(2): 85-99.
- Ludwig, S., Culik B.M., Ludwig M. y J. Urbán R. 2001. Movements and diving of gray whales (*Eschrichtius robustus*) in a calf nursery, San Ignacio Lagoon, Baja California, Mexico, 1999-2001. Abstracts. 14th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Vancouver, Canadá, noviembre 28 a diciembre 3. pp. 129.
- Mate, B.R. y Harvey J.T. 1981. An evaluation of three radio tags applied to gray whales and their utility in assessing movements and dive characteristics. *U.S. Dept. of Commerce BLM Contract Rep. AA 730 79 4120 0109*, 66 pp.
- Mate, B.R. y Harvey J.T. 1984. Ocean movements of radio tagged gray whales. *En: Jones, M.L., Swartz, S.L. y Leatherwood, S. (eds.) pp. 33-55, The Gray Whale, Eschrichtius robustus*. Academic Press, Orlando, 600 pp.
- Mate, B.R., Lagerquist, B.A. y Urbán R, J. 2002. The use of San Ignacio lagoon by breeding and calving gray whales. Documento SC/54/BRG26 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC), abril 2002, Shimonoseki, Japón No Publicado.
- Mead, J.G. y Mitchell, E.D. 1984. Atlantic gray whales. pp. 33-56 *En: Jones, M.L., Swartz, S.L. y Leatherwood, S. (Eds.) The Gray Whale Eschrichtius robustus*. Academic Press. Orlando. 600 pp.
- Mitchell, C.T. y Ware R.R. 1989. Gray whale monitoring study - Final Report. U.S. Department of Interior, Minerals Management Services. 99 pp.
- Mosig R., P. 1998. Efectos del turismo en la abundancia y comportamiento de la ballena gris, *Eschrichtius robustus*, en Laguna San Ignacio, B.C.S., México. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM



- Nerini, M. 1984. A Review of Gray Whale Feeding Ecology. pp. 423-448. *En: Jones, M.L., Swartz, S.L. y Leatherwood, S. (Eds.) The Gray Whale Eschrichtius robustus. Academic Press. Orlando. 600 pp.*
- Ollervides, F.J. 2001. Gray Whales and Boat Traffic: Movement, vocal, and behavioral responses in Bahía Magdalena, México. Tesis Doctoral. Texas A&M University. 107pp.
- Patten, D.R., Samaras W.F. y McIntyre D.M.. 1980. Whales move over! *Whalewatcher* 14 (4): 13-15.
- Pérez-Cortés M., H., Urbán-Ramírez, J., Gómez Gallardo U., A., Ollervides, F., Eslimán S., A., Solis L., J.I., Ludwig, S., Sánchez S., V., Zaragoza Aguilar, A. y Richlen, M. 2000. Reporte de la mortalidad inusual de ballenas grises en la península de Baja California durante la temporada 2000. Resúmenes de la XXV Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, 7-11 May 2000, La Paz, B.C.S., México. No Publicado.
- Reeves, R.R. 1977. The problem of Gray Whale (*Eschrichtius robustus*), harassment at the breeding lagoons. U.S. *Department of Commerce, N.T.I.S. P.B.-272-506*, 60 pp.
- Reeves, R.R. 1984. Modern commercial pelagic whaling of gray whales. pp. 187-202 *En: Jones, M.L., Swartz, S.L. y Leatherwood, S. (Eds.) The Gray Whale Eschrichtius robustus. Academic Press. Orlando. 600 pp.*
- Rice, D.W. 1961. Census of the California gray whale. *Norsk. Hvalfaugst-Tidende* 50(6):219-225.
- Rice, D.W. 1965. Offshore southward migration off gray whales of southern California. *J. Mammal.* 46(3):500-501.
- Rice, D.W. y Wolman A.A. 1971. The life history and ecology of the gray whale (*Eschrichtius robustus*). *Spec. Publ. Am. Soc. Mammal*, 3:1-142.
- Rice, D.W., Wolman, A.A., Withrow, D.E. y L.A. Fleischer, 1981. Gray whales on the winter grounds in Baja California. *Rep. int. Whal. Commn* 31: 477-493.
- Rice, D.W., Wolman, A.A. y Withrow, D.E. 1982. Distribution and numbers of gray whales on their Baja California winter grounds. Documento SC/34/PS12 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC), junio 1982. 41pp. No Publicado.
- Richardson, S. 1997. Washington State Status Report for the Gray Whale. Wash. Dept. Fish and Wildl., Olympia. 20 pp.
- Rugh, D.J. y Braham H.W. 1979. California gray whale (*Eschrichtius robustus*) fall migration through Unimak Pass, Alaska, 1977: a preliminary report. *Rep. Int. Whal. Commn* 29:315-320.
- Rugh, D.J., Shelden K.E.W. y Schulman-Janiger A.. 1999. Timing of the southbound migration of gray whales in 1998/99.. Documento Sometido al Workshop to Review the Status of the Eastern North Pacific Stock of Gray Whales, 16-17 de marzo 1999, Seattle, WA. No Publicado
- Samaras, W.F. 1974. Reproductive behavior of the gray whale *Eschrichtius robustus*, in Baja California. *Bull. So. Cal. Acad. Sci.*, 73(2):57-64.



- Sánchez, P.J. 1997. Descripción y desarrollo de las actividades turísticas de observación de ballena gris en las lagunas de la Reserva de la Biósfera “El Vizcaíno” y Bahía Magdalena, Baja California Sur, México, temporadas 1996 y 1997. *Boletín Pesquero CRIP-La PAZ*, 7: 1-7
- Sánchez P., J. A. 1998. Gray whale mortality at Ojo de Liebre and Guerrero Negro Lagoons, Baja California Sur, Mexico: 1984-1995. *Mar. Mamm. Sci.* 14: 149-154.
- Swartz, S.L. 1986. Gray whale migratory, social and breeding behavior. pp. 207-229 In: Donovan, G.P.(ed.) Cetacean Behavior Relative to Management Issues. *Rep. Int. Whal. Commn., Special Issue 8*, Cambridge, U.K.
- Swartz, S. L. y Cummings W.C. 1978. Gray Whales (*Eschrichtius robustus*), in Laguna San Ignacio, Baja California, México. *U.S. NTIS PB Rep. PB-276319*, 38 pp.
- Swartz, S.L. y Jones M.L. 1979. The evaluation on human activities on gray whales (*Eschrichtius robustus*), in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. *U.S. Dept. of Commerce N.T.I.S. PB-289737*, 42 pp.
- Swartz, S.L. y Jones M.L. 1980. Gray whales (*Eschrichtius robustus*), during the 1977-1978 and 1978-1979 winter seasons in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. *U.S. Dept. of Commerce, N.T.I.S. PB 80-202989*, 34 pp.
- Swartz, S.L. y Jones M.L. 1981. Demographic studies and habitat assessment of gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. *U.S. Dept. of Commerce, N.T.I.S. PB 82-1233773*, 56 pp.
- Swartz, S.L. y Jones M.L. 1983. Gray whale (*Eschrichtius robustus*) calf production and mortality in the winter range. *Rep. int. Whal. Commn* 33:503-508.
- Urbán R., J., Bourillón M., L. Claridge D.E. y Balcomb III K.C.. 1990. La ballena gris, *Eschrichtius robustus*, en el extremo sur de la Península de Baja California durante sus temporadas de reproducción 1989-1990. Trabajo presentado en la XV Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, La Paz, B.C.S., Abril de 1990. No publicado.
- Urbán R., J. y Gómez-Gallardo U., A. 2000a. Whalwatching and gray whales at Laguna San Ignacio, B.C.S., México. Documento SC/52/WW12 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC), junio de 2000, Adelaide, Australia. No Publicado.
- Urbán R., J. y A. Gómez-Gallardo. 2000b. La Ballena gris en Laguna San Ignacio y Bahía Ballenas, B.C.S., México, 2000. Informe Final. UABCS. México. 50 p + anexos. No Publicado.
- Urbán R., J. A. Gómez-Gallardo U., A. y S. Ludwig. 2003. Abundance and mortality of gray whales at Laguna San Ignacio, Mexico, during the 1997-98 El Niño and the 1998-99 La Niña. *Geofísica Internacional*. 42(3): 439-446.
- Urbán R., J., Rojas-Bracho, I., Pérez-Cortés H., Gómez-Gallardo U., A., Swartz, Ludwig S. y Brownell R.L. 2003. A review of gray whales (*Eschrichtius robustus*) on their wintering grounds in Mexican waters. *J. CETACEAN RES. MANAGE*. 5(3):281-295.



- Urbán R., J., Gómez-Gallardo U., A., Pérez-Cortés M., H. y Rojas B., L. 2003. Distribución y Abundancia Relativa de la Ballena Gris en la Costa Occidental de la Península de Baja California. Informe de actividades a la SEMARNAT. 57 pp.
- Vidal, O. 1989. La ballena gris, *Eschrichtius robustus*, en las áreas de crianza del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas. 102 pp.
- Wade, P.R., y DeMaster D.P. 1996. A Bayesian analysis of eastern Pacific gray whale population dynamics. Documento. SC/48/AS3 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC). junio 1996, Aberdeen, Inglaterra. 21 pp.
- Winant, C.D. y Gutiérrez de Velasco G.. 1999. Impacto del desarrollo de los Salitrales de San Ignacio sobre las corrientes y propiedades del agua de la Laguna San Ignacio, B.C.S. Reporte Técnico Final. Convenio con la UABCS No. 971343. Center for Coastal Studies, Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego. Junio de 1999. 59 pp.
- Young, E. y Dedina, S. 1994. Community and conservation: Gray Whale (*Echrichtius robustus*) en Baja California Sur, México. Trabajo presentado en la XIX Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. La Paz, B.C.S., México. 15-18 de mayo 1994. No Publicado.
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. 3ª Ed. Prentice Hall, New Jersey. 662 pp.



Anexo 1. Protección a la ballena gris en México. Cronología de acciones legales.

Instrumento	Fecha
✓ Protección de la Ballena en México	20 de enero de 1933
✓ Adhesión de México a la Convención de Ginebra para la Protección de Ballenas	28 de julio de 1933
✓ Aprobación del Convenio Internacional para la Reglamentación de la Caza de la Ballena	16 de julio de 1938
✓ Adhesión de México a la Comisión Internacional Ballenera	17 de junio de 1949
✓ Adhesión de México a la Comisión Internacional Ballenera	17 de junio de 1949
✓ Declaratoria de Refugio de ballenas y ballenatos a la Laguna Ojo de Liebre, BCS	4 de enero de 1972
✓ Declaratoria de reserva y refugio de aves migratorias y de la fauna silvestre a la Laguna Ojo de Liebre y San Ignacio	11 de septiembre 1972
✓ Declaratoria de Refugio para ballenas y ballenatos a la laguna San Ignacio, BCS	16 de julio de 1979
✓ Declaratoria de Refugio para ballenas y ballenatos al complejo lagunar Ojo de Liebre que incluye la laguna de Guerrero Negro y Manuela, BCS	20 de marzo de 1980
✓ Declaratoria de Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, BCS	30 de noviembre de 1988
✓ Reconocimiento Internacional del sistema lagunar Ojo de Liebre y San Ignacio como Patrimonio Mundial Cultural y Natural de la Humanidad (ONU)	4 de diciembre de 1993

Fuente: INE, SEMARNAP. 1997. Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva del Sector Rural 1997-2000 (<http://www.ine.gob.mx>)



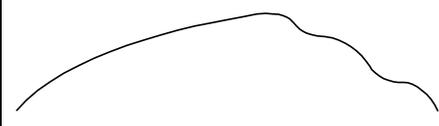
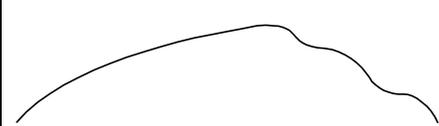
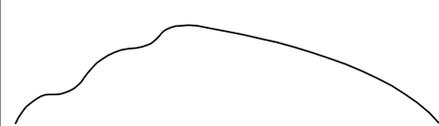
Anexo 2. Bitácora para el registro de avistamientos y fotografías de ballena gris en Laguna San Ignacio, B.C.S.

PROGRAMA DE INVESTIGACION DE MAMIFEROS MARINOS - UABCS

PROYECTO BALLENA GRIS

BITACORA DE AVISTAMIENTOS Y BIOPSIAS

FECHA _____ NO. AVISTAMIENTO _____ HORA INICIAL _____ EMBARCACIÓN _____
 POSICION _____ HORA FINAL _____ ANOTADOR _____
 BEAUFORT _____ VISIBILIDAD _____ NUBOSIDAD _____ VIENTO _____
 FOTOGRAFO _____ CAMARA _____ ROLLO _____ FOTOS _____
 VIDEO _____ NO. ANIMALES _____ SOLITARIOS _____ MADRE-CRIA _____

MC		S		VIDEO
IZQUIERDA		DERECHA		
FOTOS	ROLLO	FOTOS	ROLLO	No. BIOPSIA
				REACCION
MC		S		VIDEO
IZQUIERDA		DERECHA		
FOTOS	ROLLO	FOTOS	ROLLO	No. BIOPSIA
				REACCION
MC		S		VIDEO
IZQUIERDA		DERECHA		
FOTOS	ROLLO	FOTOS	ROLLO	No. BIOPSIA

OBSERVACIONES

Anexo 3. Prueba a posteriori de Dunn, para el establecimiento de diferencias significativas entre la densidad (ballenas/km²) por zonas y categorías en Laguna San Ignacio, B.C.S. durante los inviernos de 1996 y 1997

Zonas y categorías comparadas	Diferencia de rangos	Q	Valor crítico de Q ($\alpha=0.05, k=12$)	$P < 0.05$
inf97s vs sup96s	62.525	3.886	3.368	Sí
inf97s vs sup97s	61.793	3.697	3.368	Sí
inf97s vs sup96mc	40.650	2.743	3.368	No
inf97s vs med96mc	29.241	1.973	3.368	No
inf97s vs med96s	25.025	1.555	3.368	No
inf97s vs inf96mc	24.423	1.648	3.368	No
inf97s vs sup97mc	18.600	1.226	3.368	No
inf97s vs med97s	18.206	1.168	3.368	No
inf97s vs inf97mc	15.286	1.031	3.368	No
inf97s vs med97mc	9.059	0.611	3.368	No
inf97s vs inf96s	3.750	0.247	3.368	No
inf96s vs sup96s	58.775	3.653	3.368	Sí
inf96s vs sup97s	58.043	3.472	3.368	Sí
inf96s vs sup96mc	36.900	2.490	3.368	No
inf96s vs med96mc	25.491	1.720	3.368	No
inf96s vs med96s	21.275	1.322	3.368	No
inf96s vs inf96mc	20.673	1.395	3.368	No
inf96s vs sup97mc	14.850	0.979	3.368	No
inf96s vs med97s	14.456	0.928	3.368	No
inf96s vs inf97mc	11.536	0.778	3.368	No
inf96s vs med97mc	5.309	0.358	3.368	No
med97mc vs sup96s	53.466	3.392	3.368	Sí
med97mc vs sup97s	52.734	3.216	3.368	No
med97mc vs sup96mc	31.591	2.184	3.368	No



Zonas y categorías comparadas	Diferencia de rangos	Q	Valor crítico de Q ($\alpha=0.05, k=12$)	$P < 0.05$
med97mc vs med96mc	20.182	1.395	3.368	No
med97mc vs med96s	15.966	1.013	3.368	No
med97mc vs inf96mc	15.364	1.062	3.368	No
med97mc vs sup97mc	9.541	0.644	3.368	No
med97mc vs med97s	9.146	0.600	3.368	No
med97mc vs inf97mc	6.227	0.431	3.368	No
inf97mc vs sup96s	47.239	2.997	3.368	No
inf97mc vs sup97s	46.506	2.836	3.368	No
inf97mc vs sup96mc	25.364	1.754	3.368	No
inf97mc vs med96mc	13.955	0.965	3.368	No
inf97mc vs med96s	9.739	0.618	3.368	No
inf97mc vs inf96mc	9.136	0.632	3.368	No
inf97mc vs sup97mc	3.314	0.224	3.368	No
inf97mc vs med97s	2.919	0.191	3.368	No
med97s vs sup96s	44.319	2.689	3.368	No
med97s vs sup97s	43.587	2.550	3.368	No
med97s vs sup96mc	22.444	1.472	3.368	No
med97s vs med96mc	11.035	0.724	3.368	No
med97s vs med96s	6.819	0.414	3.368	No
med97s vs inf96mc	6.217	0.408	3.368	No
med97s vs sup97mc	0.394	0.025	3.368	No
sup97mc vs sup96s	43.925	2.730	3.368	No
sup97mc vs sup97s	43.193	2.584	3.368	No
sup97mc vs sup96mc	22.050	1.488	3.368	No
sup97mc vs med96mc	10.641	0.718	3.368	No
sup97mc vs med96s	6.425	0.399	3.368	No
sup97mc vs inf96mc	5.823	0.393	3.368	No



Zonas y categorías comparadas	Diferencia de rangos	Q	Valor crítico de Q ($\alpha=0.05, k=12$)	$P < 0.05$
inf96mc vs sup96s	38.102	2.418	3.368	No
inf96mc vs sup97s	37.370	2.279	3.368	No
inf96mc vs sup96mc	16.227	1.122	3.368	No
inf96mc vs med96mc	4.818	0.333	3.368	No
inf96mc vs med96s	0.602	0.038	3.368	No
med96s vs sup96s	37.500	2.211	3.368	No
med96s vs sup97s	36.768	2.094	3.368	No
med96s vs sup96mc	15.625	0.991	3.368	No
med96s vs med96mc	4.216	0.267	3.368	No
med96mc vs sup96s	33.284	2.112	3.368	No
med96mc vs sup97s	32.552	1.985	3.368	No
med96mc vs sup96mc	11.409	0.789	3.368	No
sup96mc vs sup96s	21.875	1.388	3.368	No
sup96mc vs sup97s	21.143	1.289	3.368	No
sup97s vs sup96s	00.732	0.042	3.368	No

