

5  
lej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

FOTOIDENTIFICACION DEL RORCUAL JOROBADO,  
*Megaptera novaeangliae* (BOROWSKI, 1781),  
EN LAS AGUAS ADYACENTES A ISLA ISABEL, NAY.  
(CETACEA: BALAENOPTERIDAE).

TESIS PROFESIONAL  
CARLOS MIGUEL ALVAREZ FLORES

1987



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

INDICE

I.- RESUMEN .....	3
II.- ABSTRACT .....	5
III.- INTRODUCCION .....	6
IV.- CARACTERISTICAS DE <i>Megaptera novaeangliae</i> .....	10
V.- DISTRIBUCION Y MIGRACIONES EN EL PACIFICO NORTE .....	19
VI.- AREA DE ESTUDIO .....	21
VII.- ANTECEDENTES SOBRE LA TECNICA DE FOTOIDENTIFICACION .....	25
VIII.- METODOLOGIA .....	29
IX.- RESULTADOS .....	40
X.- DISCUSION .....	66
XI.- CONCLUSIONES .....	76

XII.- ANEXO 1 .....	78
XIII.- ANEXO 2 .....	93
XIV.- AGRADECIMIENTOS .....	97
XV.- REFERENCIAS .....	100

## RESUMEN

La presente tesis reporta los resultados obtenidos durante las navegaciones efectuadas en lancha con motor fuera de borda, en tres salidas de campo a las inmediaciones de Isla Isabel en las temporadas invernales 1983-1984, 1984-1985 y 1985-1986. El objetivo fué realizar un trabajo prospectivo de aplicación de la técnica de fotoidentificación de Ballena jorobada, Megaptera novaeangliae, con particular interés sobre el problema de estimar el tamaño de la población, además de iniciar un catálogo fotográfico de los individuos que visitan las aguas del Pacífico mexicano.

Se obtuvieron fotografías de la región ventral de las aletas caudales de las jorobadas para efectuar la identificación de individuos. Se realizaron estimaciones de abundancia absoluta mediante el uso de la tasa de aparición de nuevos individuos, la aplicación de la distribución de Bernoulli y mediante los métodos de Bailey y de Jolly-Seber de captura-recaptura. Se obtuvo además un indicador de abundancia relativa.

Se fotoidentificó a 96 ballenas del total de 216 que fueron observadas en las tres temporadas. Se estimó que por un área de 700 mn<sup>2</sup> alrededor de Isla Isabel,

transitan en una temporada reproductiva unas 300 Ballenas jorobadas y se cree que estas son sólo una parte del total que visitan aguas mexicanas. Los modelos estimadores proporcionaron valores congruentes entre sí y las estimaciones son consideradas como buenas aproximaciones a la realidad.

## ABSTRACT

This thesis presents the results obtained during navigations carried out on outboard boats around Isla Isabel, Nayarit, at three different winter seasons (1983-1984, 1984-1985 and 1985-1986).

The main purpose was to do a prospective work on the application of photoidentification of humpback whales, Megaptera novaeangliae, with particular interest in the problem of estimating the population size. Also, it was an objective of this work to initiate a photographic catalogue of the individuals found in Mexican Pacific waters.

Photographs of the underside of the humpback's flukes were obtained to identify individuals. Absolute abundance estimates were obtained using the rate of discovery of new individuals, the Bernoulli distribution and Bailey's and Jolly-Seber's models. A relative abundance index was obtained too.

It was possible to identify 96 humpbacks out of 215 that were sighted in the three seasons. It was estimated that in a breeding season, around 300 humpback whales transit through a circular area of 700 km<sup>2</sup> around Isla Isabel, and it is believed that they are only a part of the whole stock that in winter visits Mexican Pacific waters.

The estimators provided similar values so the estimates are considered to be good approximations to the real number.

## INTRODUCCION

Los cetáceos son animales que presentan algunas características anatómicas, fisiológicas y conductuales poco comunes, que son resultado de un proceso de adaptación al medio marino. Entre las características fisiológicas destacan la presencia de mecanismos como la rete mirabilis y las altas concentraciones de mioglobina en los músculos, que contribuyen a facilitar una fisiología respiratoria que permite a los cetáceos permanecer bajo el agua desde un par de minutos, como en el caso de los delfines, unos veinte minutos como en el caso de los misticetos y hasta una hora como en el caso del cachalote. Tales especializaciones han hecho que los estudios de las poblaciones de cetáceos se dificulten en gran medida, ya que, casi siempre influyen de manera directa o indirecta sobre la probabilidad de observar a los animales en un área y tiempo determinados.

Por lo anterior, los cetáceos que más se habían estudiado hasta mediados de los 60's, eran aquellas especies que estaban siendo explotadas por la industria ballenera, en su mayoría misticetos.

Con la proscripción de las capturas comerciales, nació también la necesidad de enfrentar el problema de estudiar las poblaciones sin sustraer un gran número de organismos del medio. Para ello se han implementado teorías como la de Doi (1974), que intentan minimizar los errores de muestreo. También se han adaptado técnicas de estudio usadas en otro

tipo de organismos, como los transectos lineales, llevados a cabo mediante recorridos en barco (Rice y Wolman, 1982), o durante recorridos aéreos (Hay, 1982). De manera complementaria se han adaptado diversas metodologías para obtener estimaciones del tamaño de las poblaciones, casi siempre de tipo absoluto, como el usado por Mitchel (1974). Otras técnicas que también se han utilizado, implican el desarrollo de una tecnología muy avanzada y alto costo, como el uso de transmisores electrónicos fijados al cuerpo de un cetáceo, que transmiten vía satélite, amplia información al investigador (Mate, 1983).

En los estudios de desplazamiento, conducta, composición de grupos, y en algunos casos para evaluar el estado de una población, es fundamental poder identificar a los individuos que conforman una agrupación, y ha sido demostrado por varios investigadores que es posible identificar cetáceos por medio de marcas naturales; como por ejemplo, patrones particulares de pigmentación, cicatrices, callosidades, forma de la aleta dorsal, etc. (Payne, 1976; Würsig y Würsig, 1979; Wells et al., 1980; Shane, 1980). En el caso específico del Rorcual jorobado, la identificación de individuos se ha realizado obteniendo fotografías de las aletas pectorales, aleta dorsal, aleta caudal y rostro. Los resultados que partieron del conocimiento de la identidad de individuos (Katona et al., 1979), han evolucionado hasta la obtención de información sobre el tamaño de la población (Whitehead, 1982; Darling y

Morowitz, 1986), tasas de crecimiento de crías (Glockner y Venus, 1983), y formas de sexar a los animales en el mar (Glockner, 1983). Es decir que las técnicas fotográficas están aportando información útil a bajo costo, con menor esfuerzo y sin la necesidad de sacrificar animales para la investigación, lo cual es útil porque permite obtener diferentes registros de un individuo en el tiempo y el espacio. Sin embargo, aún existen inconvenientes, particularmente al interpretar los resultados obtenidos con el propósito de realizar estimaciones poblacionales; dichos inconvenientes tienen relación básicamente con el comportamiento de los animales y con el tipo de modelo estimador utilizado, y que actualmente están tratando de ser superados por los estudiosos de los cetáceos.

México se ha destacado en diversos foros por sustentar una política conservacionista en favor de los cetáceos (Rojas, 1982). Además, para implementar esta política y para poder aprovechar estas especies racionalmente, es necesario desarrollar investigaciones sobre cetáceos tendientes a conocer mejor su biología (Urbán, 1983; Rojas, 1984). También es importante para países como México, que tales investigaciones sean sustentadas por un costo mínimo.

Este trabajo forma parte del Programa de Investigación "Biología de los Mamíferos Marinos en el Pacífico Mexicano", que se desarrolla en el Laboratorio de Vertebrados de la Facultad de Ciencias de la UNAM (Aguayo, 1982).

El objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio prospectivo de aplicación de la técnica de fotoidentificación de Rorcuales jorobados en las aguas adyacentes a Isla Isabel, con particular interés sobre el problema de estimar el tamaño de la población. También es objetivo de este trabajo iniciar un catálogo fotográfico de los individuos de esta especie que visitan las aguas del Pacífico mexicano.

CARACTERISTICAS DE Megaptera novaeangliae

## TAMAÑO

Al igual que en otros rorcuales, en la especie M. novaeangliae (Fig. 1), los animales del Hemisferio Sur son algo mayores que los del Hemisferio Norte. Las hembras son mayores que los machos. La hembra más grande registrada en el Antártico midió 18 metros (Tomilin, 1967). La hembra más grande en el Hemisferio Norte midió 15.9 metros (Tomilin, op. cit.). Durante las capturas analizadas por el mismo autor, 302 machos del Hemisferio Norte, con longitudes promedio de 11.9 metros, fueron también en promedio 30 cm. menores que 779 individuos del Hemisferio Sur, cuya longitud promedio fué de 12.21 metros; por otra parte, 365 hembras del Hemisferio Norte con longitud promedio de 12.39, fueron unos 40 cm. menores que 1311 del Hemisferio Sur que presentaron un promedio de 12.79.

En el análisis de Tomilin (1967), la diferencia entre hembras y machos para ambos hemisferios fué de 53 cm., pudiendo ser hasta de 70 cm.. Según las estadísticas de la Comisión Ballenera Internacional, los animales más grandes capturados fueron una hembra de 19.0 metros y un macho de 17.5 (Nishiwaki, 1972); sin embargo, este mismo autor señala que en la actualidad, las hembras más grandes difícilmente alcanzan los 15 m.. Según Watson (1981), el promedio para los machos de ambos hemisferios es de 14.6 m. con un máximo de 17.5 y el promedio para las hembras, de

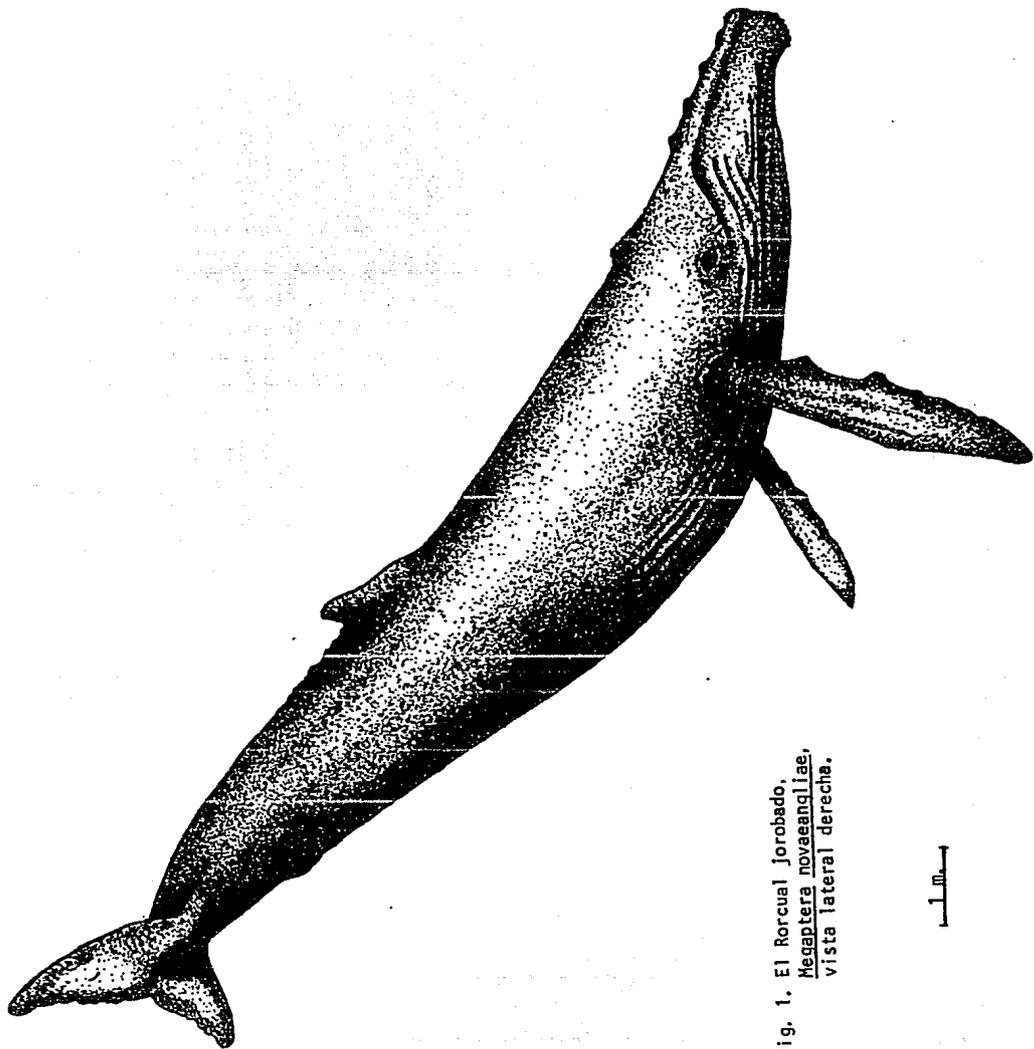


Fig. 1. El Rorcual Jorobado,  
Megaptera novaeangliae,  
vista lateral derecha.

1 m.

15.2 m. con un máximo de 19 m.; y el peso promedio para ambos sexos, varía entre los 30,000 y los 40,000 kg. con un máximo de 48,000.

#### FORMA

Los Rorcuales jorobados poseen un cuerpo robusto y poco alargado. El cuerpo es redondeado en la parte anterior y comprimido en la región del pedúnculo caudal, angostándose rápidamente por detrás de la aleta dorsal. La longitud relativa del pedúnculo caudal es menor que en el género Balaenoptera, mientras que la circunferencia máxima del cuerpo, que se encuentra en el tórax, es mayor (Tomilin, 1967).

El contorno inferior del cuerpo es más convexo que el superior (Tomilin, 1967).

#### CABEZA

La cabeza es relativamente larga con un 28.64 a 30.87% de la longitud total del cuerpo. Vista dorsalmente, tiene forma ancha y redondeada, similar a la Ballena azul. La cresta media es poco distinguible ya que en ella se encuentra una fila de protuberancias carnosas del tamaño y forma de una media naranja. Otras líneas de estas protuberancias se encuentran en los márgenes de ambos maxilares. Además, existe otra protuberancia mayor y más redondeada en la punta del maxilar inferior. En el centro

de cada protuberancia se encuentra un pelo largo y grueso (Tomilin, 1967).

#### FOSAS NASALES

Como en todos los Rorcuales, los orificios nasales se encuentran situados en la parte superior de la cabeza, ligeramente por delante de la línea que se dibujaría entre ambos ojos. Los orificios están dispuestos de tal manera que divergen por su extremo posterior (Tomilin, 1967).

#### BOCA

La boca de la Ballena jorobada es grande y la comisura casi alcanza el extremo posterior de los ojos. El maxilar inferior se extiende de 10 a 30 cm. por delante del superior (Tomilin, 1967).

Las barbas miden alrededor de 0,75 metros de largo. El color varía de negro ceniza a café, con gruesos flecos de color café. Se encuentran entre 270 y 400 barbas unidas a cada lado de la mandíbula superior (Nishiwaki, 1972; Johnson y Wolman, 1984).

#### SURCOS GULOVENTRALES

Los surcos de las jorobadas son mucho mayores que los de los otros Rorcuales y su número es menor, ya que poseen entre 15 y 20, cada uno de unos 15 cm. de ancho y alcanzan posteriormente la región umbilical (Tomilin, 1967; Nishiwaki, 1972).

#### ALETA DORSAL

La aleta dorsal es corta y gruesa, se ubica en la parte delantera de la línea vertical que proviene de la abertura urogenital, al principio del tercio posterior del cuerpo. La forma es variable ya que puede tener el margen anterior completamente recto (entonces la aleta es baja); o, con mayor frecuencia, se presenta una pequeña depresión en su parte media que hace aparecer más alta a la aleta. La altura no excede los 30 cm.. Esta aleta se encuentra sobre una joroba que es especialmente evidente cuando el animal arquea su región dorsal al inicio de la zambullida. Esta joroba dá a la especie su nombre común (Tomilin, 1967; Leatherwood et al., 1982).

#### ALETAS PECTORALES

Las aletas pectorales son una característica diagnóstica de las jorobadas, ya que son extremadamente largas (cerca de la tercera parte de la longitud total del cuerpo). El margen anterior de la aleta contiene de 9 a 10 tubérculos redondeados que sobresalen de las uniones carpometacarpales y las falanges del primero y segundo dígitos. Las dos protuberancias notablemente mayores que las otras, corresponden a la unión radiocarpal y al final del primer dígito. Las aletas pectorales son muy flexibles y al parecer son órganos táctiles importantes (Tomilin, 1967; Leatherwood et al., 1982).

## ALETA CAUDAL

La aleta caudal de las jorobadas es muy grande ya que su longitud de extremo a extremo es del 27 al 33% de la longitud total del cuerpo, con un ancho que va del 6.7 al 8.8%. El margen posterior usualmente es cóncavo, es más o menos aserrado y contiene en su parte media una muesca profunda. Los aserramientos mencionados, se observan también en los embriones, de tal manera que no pueden ser considerados como lesiones posnatales. Sin embargo, en los adultos las aserraciones pueden ser aun más pronunciadas con proyecciones casi digitiformes (Tomilin, 1967).

## COLORACION

En términos generales, según las observaciones hechas por True (1904; citado por Pike, 1953), la coloración normal de las jorobadas, por zonas del cuerpo es como sigue:

- 1.- Negro en la cabeza, costados, región dorsal y alrededor del pedúnculo caudal.
- 2.- Blanco en la región gular, torax hasta la línea media ventral, y al menos hasta el ano. La coloración en estas zonas puede variar en grado mayor o menor, de puntos a áreas extensas de coloración blanca.
- 3.- Las aletas pectorales presentan la superficie inferior casi en su totalidad de color blanco, pero la superficie superior varía en la cantidad de colores blanco y negro, en algunos casos casi por completo negro, y en

otros, los tres cuartos distales o casi toda la superficie de color blanco.

4.- La aleta caudal principalmente negra en la parte dorsal y ventralmente blanca en mayor o menor grado.

Con respecto a este último punto, Pike (1953) informó que el color de las caudales examinadas por él, eran negras en la parte dorsal, con excepción de algunas manchas, líneas y círculos. Sin embargo, en la región ventral existe una gran variación en la coloración, que va desde predominantemente negra con casi nada de blanco, a blanco ocupando la totalidad de la superficie ventral de la aleta. Se encuentran muchos grados intermedios. Por otra parte, cada individuo puede presentar una o varias cicatrices o mutilaciones que hacen de cada aleta caudal una estructura extremadamente útil e inconfundible para reconocer individuos.

Las variaciones en la coloración de la región ventral de las aletas caudales fueron clasificadas por Glockner y Venus (1983) de la siguiente manera:

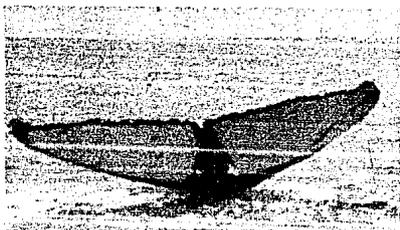
Tipo 1.- Caudales predominantemente blancas. La región blanca puede estar limitada por un margen negro (Fig. 2).



Fig. 2.- Aleta caudal tipo 1, predominantemente blanca.

Tipo 2.- Caudales también predominantemente blancas, sólo que el borde negro se extiende ahora hacia adentro y fusionándose en la línea media, dividiendo la región blanca en dos áreas (Fig. 3).

Fig. 3.- Aleta caudal tipo 2, predominantemente blanca, pero dividida en dos zonas evidentes.



Tipo 3.- Caudales en las que no predomina ni el blanco ni el negro. En estas existe una grán área negra en la región media y a lo largo de los bordes. Se presentan dos áreas blancas diferentes (Fig. 4).

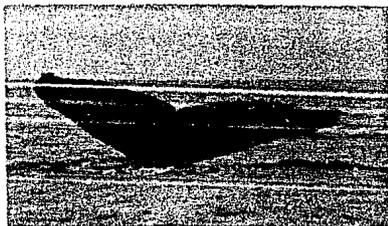
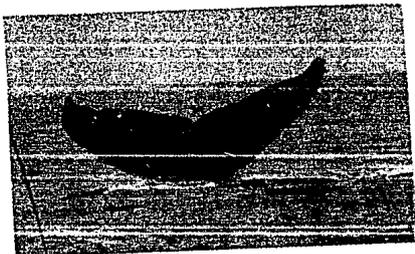


Fig. 4.- aleta caudal tipo 3, cantidades aproximadamente iguales de colores blanco y negro.

Tipo 4.- Caudales predominantemente negras, en las cuales se presentan dos áreas pequeñas de color blanco (Fig. 5).

Fig. 5.- Aleta Caudal tipo 4, predominantemente negra con dos áreas pequeñas de color blanco.



Tipo 5.- Caudales completamente negras, en las cuales pueden ocurrir líneas, círculos o marcas de color blanco (Fig. 6).



Fig. 6.- Aleta caudal tipo 5, predominantemente negra

## DISTRIBUCION Y MIGRACIONES EN EL PACIFICO NORTE

En el Pacífico Norte, las ballenas jorobadas realizan migraciones regulares a lo largo de la costa de Asia, desde sus áreas de alimentación hasta las Islas Bonin, Marianas y Marshall; y a lo largo de la costa de América desde el Estrecho de Bering y Mar de Chuckchi, hasta Baja California y la costa de México (Tomilin, 1967).

En el Invierno, dentro de su límite austral de distribución, las jorobadas se congregan en tres grandes áreas diferentes para realizar actividades reproductivas. Esas áreas son en el Pacífico Noroccidental, desde Taiwan hasta el Sur de Corea; en la región central del Pacífico, alrededor de las principales Islas hawaianas; en el Pacífico Nororiental, en la costa Oeste de Baja California, parte central de la costa Oeste mexicana, desde el Sur de Sinaloa a Jalisco, especialmente en la vecindad de las Islas Tres Marías e Isla Isabel, Nayarit, y la Bahía de Banderas, Jalisco, así como en las Islas Revillagigedo (Rice, 1974). Aguayo et al. (1984) extendieron la distribución invernal de esta especie en aguas mexicanas hacia el interior del Golfo de California y hacia el Golfo de Tehuantepec. De estas zonas las jorobadas empiezan a migrar hacia el Norte en Marzo y Abril (Tomilin, 1967). Datos más recientes sobre la distribución de esta especie en aguas mexicanas se encuentran en los trabajos de Aguayo et al. (1984) y de Urbán y Aguayo (en prensa), de donde es

importante señalar la hipótesis de la posible existencia de una población que se encontraría presente todo el año en la región Norte del Golfo de California, particularmente alrededor de las islas del cinturón central.

Resultados recientes han mostrado que, al menos, las jorobadas que ocupan las aguas de Hawaii y las que ocupan las aguas de Isla Socorro, pueden ser consideradas como una sola población (Darling y Juraz, 1983; Darling y McSweeney, 1985), o como suponen Payne y Guinee (1983) en base a la comparación de sonidos emitidos por las ballenas, los stocks (subpoblaciones) de jorobadas del Pacífico Nororiental se sobreponen considerablemente o forman parte de una sola población. Queda por ser determinado el grado en el que ocurre este fenómeno.

En el Verano, el área de alimentación en el Pacífico Norte es más restringida que en el Pacífico Sur. Por ello es probable que los tres grupos que en el Invierno se encontraban separados, ocupen en el Verano áreas de alimentación muy próximas o sobrepuestas, que abarcarían un espectro continuo a lo largo de la costa, que según Rice (1974) va desde la parte central de California, pasando por los mares de Bering y Chuckchi, hasta Japón. También quedan por ser conocidas las rutas migratorias que usan las Ballenas jorobadas en el Pacífico Norte.

## AREA DE ESTUDIO

La Isla Isabel tiene una localización dentro de los 21° 52' N y 105° 54' W (Fig. 7), por lo que según la clasificación de Roden y Emilson (en prensa; citado por Rojas, 1984) se encuentra ubicada dentro de la provincia Sur del Golfo de California, conocida también como Boca o Entrada del Golfo de California. La Isla está situada a 18 millas (una milla náutica equivale a 1,852 metros) de la parte más cercana a tierra firme, a unas 40 millas del Puerto de San Blas, Nay., y las Islas Mariás se encuentran aproximadamente a 40 millas al Suroeste de la Isabel. Tiene casi 1 1/2 millas de largo; 1/2 milla de ancho y su mayor elevación es de 85 msnm, con una señal luminosa que se encuentra en un cerro de 50 metros de altura al Sur de la Isla (Ruiz, 1977; Anónimo, 1979).

La Isla es de forma irregular con una orientación NW-SE (Gaviño y Uribe, 1978; citado por Castillo y Chávez-Peón, 1983). Su origen es claramente volcánico, proceso que a su vez tuvo origen en una serie de fracturas con dirección NE-SE causado por movimientos tectónicos (Larson et al., 1868; citado por Ruiz, 1977). Además utilizando el mismo argumento de Nelson (1899; citado por Ruiz, op. cit.) para las Islas Mariás, la Isla Isabel sería de origen continental y no oceánico, ya que carece de un canal profundo que lo separe del continente.

Las profundidades alrededor de la Isla no exceden los

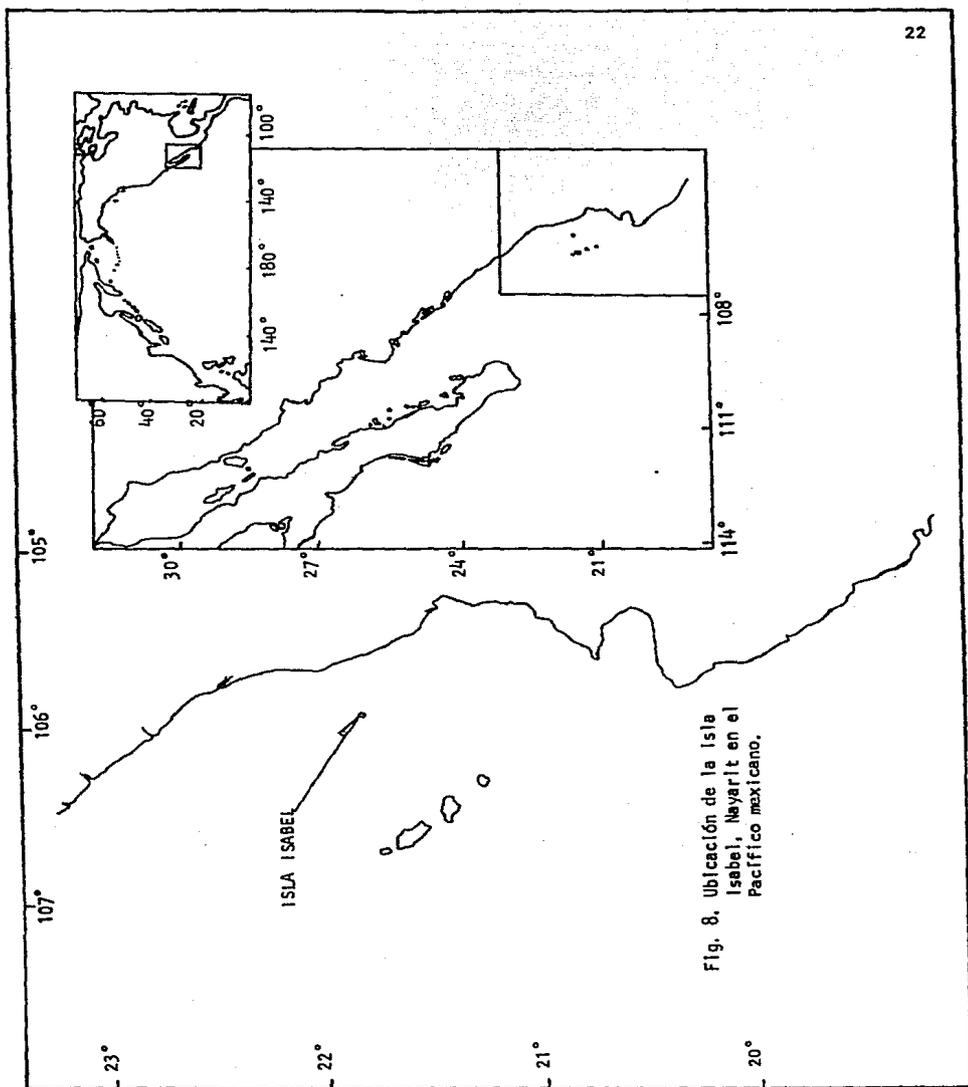


Fig. 8. Ubicación de la Isla Isabel, Nayarit en el Pacífico mexicano.

100 metros en un radio de aproximadamente 16.5 millas (Anónimo, 1981), por lo que se encuentra dentro de la isobata de los 46.25 metros; es decir que la Isla Isabel se encuentra en una zona de aguas relativamente someras entre el Archipiélago de las Marías y el continente.

La Boca o Entrada del Golfo de California es una zona de transición con estructura dinámica oceanográfica muy compleja (Alvarez, 1983). A pesar de ello, se sabe que en Invierno, las corrientes absolutas fluyen en dirección SE al igual que los vientos dominantes en esa temporada (Alvarez, op. cit.). La temperatura promedio alrededor de la Isla en Invierno es de 24° C aproximadamente (Calvario, 1982; citado por Castillo y Chávez-Peón, 1983).

Según la clasificación de Koeppen modificada por García (1964), el Archipiélago de las Marías (incluida Isla Isabel), presenta un clima desértico cálido con lluvias en Verano (BSh'w). Sin embargo, la vegetación de la Isla no corresponde al clima mencionado. Lo anterior puede deberse a que la masa de aire continental ejerce una influencia importante sobre la Isla, modificando su clima a uno tropical con lluvias en Verano de Marzo a Septiembre (Aw), similar al clima costero (Ruiz, 1977).

Otros datos físicos sobre la Isla, así como información sobre su flora y fauna se encuentran en los trabajos de Ruiz (1977) y de Castillo y Chávez-Peón (1983), quienes además incluyen extensas revisiones bibliográficas.

Delimitar el área de estudio alrededor de Isla Isabel

en función de las agrupaciones de jorobadas o de una cierta zona geográfica es poco conveniente, ya que por un lado, las ballenas no restringen su estancia dentro de una pequeña área limitada, y por otro, la zona de trabajo se encuentra en mar abierto y no en una Bahía o algo similar que pudiera restringir la zona de trabajo. Por lo anterior, el área considerada en este estudio se delimitó de acuerdo con el recorrido más lejano que se realizó a partir de Isla Isabel, el cual fué a aproximadamente 15 millas náuticas (mn), es decir que se considera a la zona de trabajo como un círculo de  $700 \text{ mn}^2$  con centro en Isla Isabel.

Urbán y Aguayo (en prensa) reconocen cuatro subregiones en las cuales se puede dividir al Pacífico mexicano en función de la densidad de observaciones de Ballenas jorobadas que realizaron. Según esa división, la Isla Isabel se encuentra dentro de la subregión III que considera a toda la costa de México desde Mazatlán, Sin. hasta, al menos, el Golfo de Tehuantepec, incluyendo a Isla Isabel, Islas Tres Marias y Bahía de Banderas.

## ANTECEDENTES SOBRE LA TECNICA DE FOTOIDENTIFICACION

Las variaciones en la coloración de la aleta caudal fueron reportadas desde principios de siglo por True (1904) citado por Pike, 1953). Sin embargo, no se tiene conocimiento que durante la primera mitad del siglo, dichas variaciones hayan sido utilizadas para reconocer individuos.

No es hasta que Schevill y Backus (1960) mencionan haber observado durante diez días a una jorobada que fué reconocida como el mismo individuo en todas las ocasiones. Este animal fué distinguido entre otras tres ballenas, en base a su grán tamaño, por la forma de su aleta dorsal y por el distintivo patrón de coloración de la parte ventral de la aleta caudal, recalcando que este último era considerablemente diferente a los demás.

Se tiene información de que a partir del año de 1967 se empieza a utilizar la técnica de fotoidentificación (Darling y Juraz, 1983), pero no es sino hasta los trabajos de Kraus y Katona (1977) y de Katona et al. (1979), que se publican los resultados obtenidos mediante fotoidentificación y una descripción detallada del uso de la técnica.

Los primeros trabajos en los cuales se usó fotoidentificación, estaban esencialmente dedicados a la descripción de la técnica y a la presentación de un catálogo fotográfico de animales del Atlántico Norte (Kraus

y Katona, 1977; Katona et al., 1979); y aunque en estos trabajos ya se mencionan los alcances de la técnica, previstos para conocer aspectos migratorios y de las poblaciones en general, no es sino hasta que Katona et al. (1980) analizan los resultados anteriores y elaboran conclusiones en cuanto a las agrupaciones de jorobadas del Atlántico Noroccidental durante el Verano.

Otros trabajos realizados en el Atlántico Norte son los de Perkins et al. (1982) sobre las jorobadas que se encuentran alimentándose en las inmediaciones de Groenlandia; y el de Whitehead (1982) que estudia la población entera del Atlántico Noroccidental. Este último trabajo es de particular interés, ya que en él se realizan estimaciones del tamaño de los grupos tanto invernales como de la temporada de Verano. Estas últimas fueron realizadas mediante los métodos de Petersen y Jolly-Seber de captura-recaptura, a partir de las reapariciones en las fotografías de aquellos animales que ya se encontraban en el catálogo de Katona et al. (1980), más otros animales agregados por el mismo Whitehead. Además, este autor analiza aspectos migratorios y de reclutamiento.

En el Océano Pacífico también se han realizado trabajos interesantes como los de Darling y Juraz (1983), Darling et al. (1983), Darling y McSweeney (1985), y el de Darling y Morowitz (1986), que contienen una determinación del tamaño de la población hawaiana y un planteamiento de nuevas hipótesis en cuanto a los destinos y rutas migratorias de

los grupos del Pacífico Nororiental; también se discuten aspectos de la conducta reproductiva de las jorobadas.

Es de particular interés el trabajo de Darling y Morowitz (1986), ya que para obtener estimaciones del tamaño de la población hawaiana, utiliza dos métodos alternativos a los clásicos de captura-recaptura. En estos métodos se aprovecha la tasa de aparición de nuevos individuos en las fotoidentificaciones, y por otra parte se asume que los datos tienen una distribución binomial.

La técnica de fotoidentificación también es útil al estudiar aspectos reproductivos de los cetáceos. Por ejemplo, los trabajos de Glockner (1983), Glockner y Venus (1983) y Glockner-Ferrari y Ferrari (1984), en los cuales no sólo se obtuvieron fotografías de aletas caudales, sino también de la zona genital de las Ballenas jorobadas, aportando valiosa información en cuanto a la estructura de los grupos de ballenas observadas en las áreas de reproducción, su comportamiento, tasa de ovulación, etc..

En las aguas del Pacífico mexicano, Winn y Rice (1978) mencionan haber obtenido fotografías de Rorcuales jorobados para ser comparadas con las obtenidas de otros animales de la misma especie, tanto en las áreas reproductivas como en las de alimentación. Sin embargo, no se tiene conocimiento de que a la fecha hayan sido presentados tales resultados. En 1979, K. Payne obtuvo fotografías de 11 animales en las inmediaciones de Isla Socorro, de los cuales, dos han sido identificados en diferentes momentos en las aguas de Hawaii

(Darling y Juraz, 1983). El personal del Laboratorio de Vertebrados también ha obtenido algunas imágenes de aletas caudales de jorobadas en aguas mexicanas (Aguayo et al., 1984; Alvarez et al., 1984, 1985; Alvarez et al., 1986), parte de las cuales fueron obtenidas para la elaboración del presente trabajo. Urbán y Aguayo (1985) realizaron una discusión acerca de la distribución espacial y temporal de las jorobadas en aguas mexicanas, en base a las observaciones colectadas por su equipo de trabajo durante cinco años, haciendo mención de que, tan sólo en base a las fotografías obtenidas alrededor de Isla Isabel durante la temporada 86 para la elaboración de la presente tesis, y las obtenidas en las Islas Revillagigedo en esta misma temporada, se diferenciaron más de 100 animales, número alrededor del cual se encontraban las estimaciones más conocidas y que a su vez estaban basadas en Rice (1974).

Finalmente, Balcomb y Nichols (1982) hacen hincapié en que la técnica de fotoidentificación, aportará en poco tiempo información más detallada acerca de la población de jorobadas del Atlántico Noroccidental, que lo que se conoce para cualquier otra especie de cetáceos mayores. Ahora es posible decir lo mismo para la población del Pacífico Norte.

## METODOLOGIA

Para la realización de este trabajo se empleó el método que Urbán (1983) menciona como "observaciones de cetáceos en el mar", utilizando en las salidas diferentes lanchas de unos 7 metros de eslora y motores fuera de borda de 80, 48 y 50 HP. Las embarcaciones fueron proporcionadas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y por la Escuela de Ingeniería Pesquera de San Blas, Nayarit. Como complemento de las navegaciones se realizaron observaciones desde la Isla Isabel.

A esta metodología se implementó la técnica de fotoidentificación (Aguayo et al., 1984; Alvarez et al., 1984, 1985; Alvarez et al., 1986).

Se realizaron tres salidas de campo, una durante la temporada reproductiva 83-84, que en lo sucesivo se denominará "Temporada 84"; una dentro de la temporada 84-85, que en lo sucesivo será denominada "Temporada 85"; y la última dentro de la temporada 85-86 que se denominará "Temporada 86". Los recorridos en lancha dentro de la temporada 84 se efectuaron durante los días 21, 27, 28 y 29 de Diciembre de 1983 y el 1° de Enero de 1984. Los recorridos dentro de la temporada 85 se realizaron los días 21, 23, 25, 26, 27 y 28 de Diciembre de 1984 y los días 1 y 2 de Enero de 1985. Los recorridos dentro de la tercera temporada se realizaron los días 12, 14, 16, 17, 18 y 19 de Enero y los días 7, 12, 13, 14, 16, 18, 19 y 20 de Febrero de 1986. El total de días navegados durante las tres

temporadas fué de 27. Los recorridos se realizaron dentro de un área circular de 700 mn<sup>2</sup> con radio de 15 millas náuticas con centro en Isla Isabel.

Las observaciones desde la Isla se realizaron desde diversos puntos sobre ella, principalmente desde el faro y desde un punto elevado en el extremo Noroeste frente al islote denominado "Islote pelón", y tuvieron como finalidad obtener datos complementarios a los obtenidos durante las navegaciones, tales como conteos de animales o soplos, ubicación y conducta de las ballenas.

Durante las navegaciones se realizaban avistamientos, que en este trabajo se definieron como el evento en el cual los observadores se encuentran cerca de un grupo de ballenas para obtener fotografías, a diferencia del concepto común de avistamiento en el cual todo animal o grupo de animales observados, es considerado como un avistamiento. Los avistamientos durante las navegaciones eran realizados por dos observadores, anotándose en cada caso la fecha, hora del día, la posición aproximada de los animales respecto a la Isla, el número de animales observados, el estado general del mar y la fuerza relativa del viento. También se anotó la presencia o ausencia de crías, así como algún comportamiento o característica particular que fuera observado. Cuando se obtuvieron fotografías de aletas caudales, se anotó el número de rollo de película usado y el disparo de la cámara que se realizaba en cada avistamiento.

Ya que el objetivo principal de los recorridos en lancha era la obtención de imágenes de la región ventral de las aletas caudales de las jorobadas, las ballenas eran seguidas tratando de mantenerse en la parte posterior de los individuos que iban a ser fotografiados. Se especificaba en cada caso si se había obtenido una vista ventral o cualquier otra vista que no fuera ventral.

Cuando en un avistamiento se presentaba más de un animal, se disparaba la cámara en dirección a cualquier animal que exhibiera la región ventral, sin seguir una secuencia de fotografías de un individuo como lo recomiendan Katona et al. (1980); esto se debe, a que no siempre es posible distinguir en el momento de realizar las observaciones a cada individuo de la agrupación.

Las ballenas eran seguidas hasta que se consideraba que todos los animales habían sido fotografiados, o hasta que se había consumido demasiado tiempo en animales que se encontraban muy difíciles de fotografiar. Posteriormente se continuaba el recorrido en la dirección original de la navegación, tratando de recorrer todos los alrededores de la Isla. Si esto no era posible, se realizaban recorridos por la zona no cubierta en otra ocasión.

Las fotografías fueron obtenidas principalmente con una cámara Nikon F con lente Zoom Vivitar 75-260 mm., f 4.5. Se utilizaron películas en blanco y negro Kodak Plus x-pan 125 ISO, Tri x-pan 400 ISO, película Ektachrome 64 ISO, así como película para impresiones en color Kodacolor 200 ISO.

Se trató de usar en todos los casos velocidades de obturación de 1/500 o 1/1000 de segundo para detener el movimiento en las fotografías.

Cada imagen obtenida fué relacionada con el número de rollo y disparo de la cámara, de tal manera que dichas imágenes pudieron ser ubicadas en el tiempo y el espacio.

Se compararon todas las aletas presentes en las impresiones y se separaron en grupos. Cada grupo de fotografías contenía las aletas caudales que por presentar los mismos patrones de coloración y la misma morfología eran considerados como un solo individuo.

Del grupo de fotografías obtenidas de cada individuo, se seleccionó la mejor imagen para ser incluida en el archivo fotográfico. Cuando una fotografía no sea suficiente para conocer a un individuo, se incluirá de ser posible, otra imagen complementaria. Cada impresión del archivo contendrá en la esquina superior izquierda del reverso, el código de identidad del individuo representado, y a la derecha la fecha de obtención de la fotografía. Así por ejemplo, el reverso de la fotografía incluida en el catálogo, del individuo 4M85I002, fotoidentificado el día 27 de Diciembre de 1984 será de la siguiente manera:

4M85I002	27/XII/84
----------	-----------

La clave de identidad que se asignó a cada individuo contiene en primer lugar un número que hace referencia a la coloración que presenta la superficie ventral de la aleta caudal. Se utilizó el mismo criterio de Glockner y Venus (1983) para clasificar los patrones de coloración ya que se consideró el más práctico.

En segundo lugar, la clave de identidad contendrá la letra M que indica que el animal fue fotoidentificado por primera vez en aguas mexicanas.

Los siguientes dos dígitos representan la temporada en que fue obtenida la imagen de un animal por primera vez. Dado que una temporada reproductiva incluye meses de dos años diferentes, se escribirá el número del segundo año de esa temporada. En el ejemplo anterior, la fotografía fue obtenida por primera vez el 27 de Diciembre de 1984 dentro de la temporada 84-85 por lo que su número de identidad es 4M85I002. Cuando se trate de animales que se sospeche que permanecen todo el año en aguas mexicanas, se escribirá sencillamente el año de obtención de la primera identificación.

La siguiente letra hace referencia al área de agrupación en que se realizó tal identificación. Para tal efecto, se sugieren las siguientes letras: B para Bahía de Banderas; I para Isla Isabel y las Tres Marías; R para las Islas Revillagigedo; P para las aguas adyacentes a la Península de Baja California, desde Ensenada hasta Bahía Concepción, inclusive las aguas entre las costas de la Península de

Baja California y el continente; G para los animales que sean encontrados dentro de la provincia Norte del Golfo de California; y S para todos los animales que sean fotoidentificados por primera vez en cualquier parte de la costa al Sur-Sureste de Cabo Corrientes. Es importante mencionar que esta división es arbitraria y que tiene como única finalidad facilitar el manejo de las imágenes.

Los últimos tres dígitos corresponden al orden de inclusión en el catálogo de los individuos de cierta coloración que hayan sido fotoidentificados por vez primera en el área de agrupación correspondiente.

Con los individuos identificados durante la segunda y la tercera salidas de campo, fué posible realizar conteos directos sobre las fotoidentificaciones; se obtuvieron estimaciones de abundancia relativa, considerando el número de animales identificados por hora de navegación; para efectos de comparación, se consideró como índice de abundancia relativa al número de avistamientos por hora de navegación y al número de animales observados también por hora de navegación; se aplicaron varios modelos estimadores de abundancia absoluta.

El primer modelo estimador de abundancia absoluta, sugerido por Darling y Morowitz (1986), considera que el número de animales (Frecuencia)  $X$  que aparecieran una, dos, tres, ...,  $i$  veces (clases), es una función del tamaño  $N$  de la población y de la probabilidad  $p$  con la que ocurrirá la frecuencia de cada clase en  $n$  intentos. El

modelo que describe este comportamiento es el de una distribución binomial donde

$$X_i = N p^i = \frac{[Nn! / (n-i)! i!]}{(1/N)^i (1-1/N)^{n-i}} \dots \dots \dots 1$$

Para cada  $X$  se exploró mediante un método iterativo el valor de  $N$  que satisficiera la igualdad, y la mejor  $N$  fue seleccionada mediante el método de la "Mínima ji cuadrada" (Ver anexo 2). Esta estimación se realizó con los datos de la temporada 86.

La segunda estimación se realiza construyendo la gráfica que representa la tasa de aparición de nuevos individuos, en donde  $x$  es igual al número de identificaciones realizadas cada día y  $y$  es igual al número total de animales diferenciados (Darling y Morowitz, 1986).

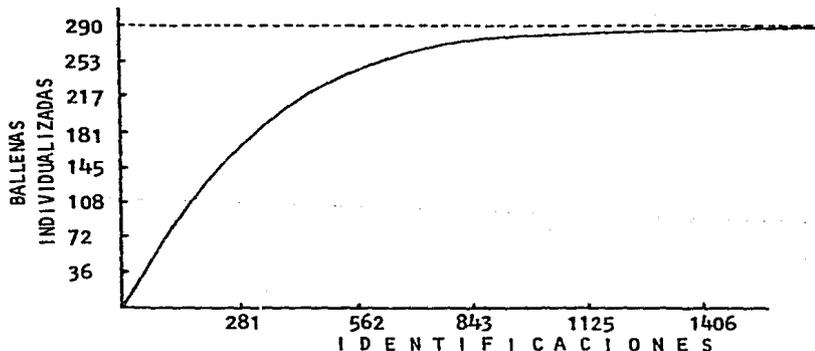


Fig. 8. Tasa teórica de aparición de nuevos individuos, si se realizaran fotoidentificaciones en una población de 290 animales.

Si el número de animales diferenciados cada vez es igual al número de identificaciones realizadas, la gráfica se construirá linealmente con una pendiente de 1; en la medida en que en las identificaciones aparezcan animales nuevos, la gráfica tenderá a abatirse hasta tomar un valor de  $y$  que será igual al tamaño real de la población. Este es el momento en el cual, por más identificaciones que se realicen no aparecerá ningún animal nuevo. Sin embargo, en la Fig. 8 se observa que para identificar a todos los individuos de una población de 290 animales, es necesario realizar más de 1500 fotoidentificaciones, esto hace evidente que en la mayoría de los casos no es posible realizar en el campo las identificaciones necesarias para que  $y = N$ , por lo que, el valor de  $N$  tiene que ser ajustado empíricamente para las  $x$  y las  $y$  experimentales en la relación

$$y = N[1 - (1 - 1/N)^x] \dots\dots\dots 2$$

Este estimador fué aplicado a los registros de las temporadas 85 y 86.

Para que las dos estimaciones obtenidas mediante los dos modelos anteriores sean lo más confiable posible, es importante que las identificaciones sean independientes entre sí y que la población sea estable durante el período de estudio.

El tercer modelo empleado es la modificación de Bailey

para el estimador fundamental de Petersen para una captura y una recaptura (Caughley, 1977), y cuyas condiciones para proporcionar una buena estimación son las siguientes:

a) La probabilidad de capturar a un animal es la misma para todos los individuos dentro de la población.

b) Las observaciones son independientes.

c) La población es cerrada tanto geográficamente como demográficamente.

d) Las marcas no se pierden entre los períodos de captura.

La estimación de N según el método de Bailey está dado por la relación

$$N = M(n+1)/m+1 \dots\dots\dots 3$$

en donde N es el tamaño de la población a estimar, M es el número de animales marcados y liberados en la primera captura, m es el número de animales marcados que fueron recapturados en una muestra subsecuente de tamaño n. El error estandard de la estima 3 puede ser aproximado de la siguiente forma

$$S.E. = \sqrt{[M^2(n+1)(n-m)/(m+1)^2(m+2)] \dots\dots\dots 4}$$

Otro modelo utilizado para estimar la abundancia absoluta, a partir de una secuencia de más de dos capturas es el de Jolly-Seber (Caughley, 1977). Las condiciones de

este modelo son mas flexibles, ya que los factores demográficos serán estimados, pero producen errores de estimación más grandes. La estimación del tamaño de la población para el momento de la captura  $i$  está dada por

$$N_i = n_i + (n_i Z_i R_i / m_i r_i) \dots\dots\dots 5$$

A cada estimación de  $N$  se le puede asignar el siguiente error estandard

$$S.E. = \sqrt{[N_i(N_i - n_i)(M_i - m_i + R_i/M_i)(1/r_i - 1/R_i) + (1 - a_i/m_i)]} \dots\dots\dots 6$$

en donde:

$N_i$  = tamaño estimado de la población en el momento  $i$ .

$n_i$  = tamaño de la muestra  $i$ .

$M_i$  = número de animales marcados en la población inmediatamente antes de la captura  $i$ .

$m_i$  = número de animales marcados en la muestra  $i$ .

$R_i$  = número de animales marcados y liberados en la captura  $i$ .

$r_i$  = número de animales de  $R$  que fueron recapturados después de  $i$ .

$Z_i$  = número de animales marcados antes de la captura  $i$  que no se capturaron en  $i$  pero sí después.

$a_i$  = proporción de animales marcados en la población en el momento de la captura  $i$ .

Además:

$$M_i = m_i + Z_i R_i / r_i \quad \text{y} \quad a_i = m_i / n_i$$

El modelo de Bailey se aplicó considerando a los datos de la temporada 85 como la captura I y a las fotografías de la temporada 86 como la recaptura. El estimador de Jolly-Seber se aplicó a los datos de la temporada 86 considerando a cada día como un intervalo de captura, pudiéndose estimar únicamente el número de animales presentes en el área de estudio el día 16/II/86.

## RESULTADOS

En el Cuadro 1 se muestran los Rorcuales jorobados avistados e identificados durante las navegaciones alrededor de Isla Isabel, Nayarit al inicio de la temporada 84. Para facilitar el seguimiento de los datos extraídos de los Cuadros 1, 2 y 3, se elaboró el Cuadro 8. En esta temporada el total de avistamientos fué de 12. El número de avistamientos por día fué de 3.0. El total de animales observados fué de 31, entre los que había una cría. El número de animales por avistamiento fué de 2.5. Del total de animales observados en esta temporada sólo fué posible fotoidentificar a 5 ballenas.

En el Cuadro 2 se muestran las Ballenas jorobadas observadas e identificadas durante las navegaciones realizadas en las inmediaciones de Isla Isabel, Nayarit a principios de la temporada 85. En 34 horas de navegación el total de avistamientos fué de 21. El número de avistamientos por día navegado fué de 2.6. El número de avistamientos por hora navegada fué de 0.7. Se avistó un total de 55 animales. El número de animales observados por avistamiento fué de 2.4. La abundancia relativa expresada en número de animales avistados por hora navegada fué de 1.6. La abundancia relativa expresada en número de animales identificados por hora navegada fué de 0.8. El número de animales identificados por avistamiento fué de 1.3. El porcentaje de animales identificados por avistamiento en

CUADRO 1. Forcuales jorcados avistados e identificados durante las navegaciones alrededor de Isla Isabel, los días 21, 27, 28 y 29 de Diciembre de 1983.

Número de avistamiento	Fecha	Hora	Número de individuos	Individuos identificados dentro del avistamiento	Posición
1	21/XII/83	10:12	2	-	3 1/2 millas al S
2		12:10	2	-	2 1/2 millas al SO
3	27/XII/83	13:16	2	-	3 millas al NE
4		14:30	2	-	1/2 milla al NO
5		15:12	2	-	2 1/2 millas al S
6	28/XII/83	07:45	1	-	2 1/2 millas al S
7		09:05	4	-	4 millas al NO
8		10:52	5	4MB41003 5MB41011 5MB41012	4 millas al N-NE
9		11:30	2	-	3 1/2 millas al N-NE
10	29/XII/83	08:40	3	2MB41004 2MB41005	4 millas al E
11		15:33	1	-	10 millas al NE
12		16:25	3	2MB41004 2MB41005	2 millas al NE

CUADRO 2. Rocuales jorobados avistados e identificados en las inundaciones de Isla Izabal, Nayavit, durante el periodo comprendido entre los días 21 de Diciembre de 1984 y el 2 de Enero de 1985.

Número de avistamiento	Fecha	Hora	Número de horas navegadas	Número de individuos	Individuos identificados dentro del avistamiento	Posición
1	21/XII/84	16:45	4:54	3	-	1/2 milla al NE
2		16:50 a 17:14		2	-	1 milla al NE a 4.5 millas al N
3	23/XII/84	09:10 a 10:00	1:00	1	-	1/2 milla al frente de la Playati-buronerá
4	25/XII/84	11:50 a 13:30	3:00	4	3MBS1002 3MBS1001 3MBS1006 3MBS1009	3.5 millas al NE a 5 millas al NE
5	26/XII/84	15:29 a 16:12	2:38	4	3MBS1001 3MBS1002 3MBS1001 3MBS1006 3MBS1005	5 millas al SE a 3 millas al E
6		16:51 a 17:12		5	3MBS1002 3MBS1001 3MBS1006 3MBS1009	2 millas al NE a 2.5 millas al NE
7	27/XII/84	07:33 a 09:36	8:20	4	2MBS1001 4MBS1002 3MBS1004 3MBS1007	Dentro de 2 a 4.5 millas al S-SE
8		10:08 a 10:39		3	4MBS1001 3MBS1003	4 millas al SE

CUADRO 2. Continuación

Número de avistamiento	Fecha	Hora	Número de horas navegadas	Número de individuos	Individuos identificados dentro del avistamiento	Posición
9	27/XII/84	10:51 a 11:13		4	4MBS1002 5MBS1004 5MBS1007	3 millas al SE a 2 millas al SE
10		11:18		1	5MBS1002	2.5 millas al O
11		11:45		2	-	1 milla al N
12		16:19 a 16:52		2	5MBS1010	3.5 millas al NE
13	28/XII/84	08:54	5:51	2	-	3 millas 50 al SO
14		10:19		1	-	4 millas al S
15		11:48		1	3MBS1002	2 millas 80 al NE
16		12:48 a 13:30		3	1MBS1002 2MBS1003 5MBS1006	1 milla al N a 1 milla 20 al NO
17	1/ I /85	09:15 a 09:49	5:10	2	3MBS1003 2MBS1002	2 a 3 millas al E
18		10:11 a 11:00		5	1MBS1001 2MBS1001 5MBS1005 5MBS1007 5MBS1008	1 milla al N

CUADRO 2. Continuación

Número de avistamiento	Fecha	Hora	Número de horas navegadas	Número de individuos	Individuos identificados dentro del avistamiento	Posición
19	1/1/85	12:30		2	-	1 milla al S
20	2/1/85	09:38	2:45	2	-	3 millas al SE
21		09:57 a 10:45		2	SMBS1004	2 millas al E

relación al número de individuos observados por avistamiento fué de 57%. Del total de 55 animales observados se fotoidentificó a 22, 20 no fué posible fotografiar o reconocer en las fotografías y los 13 restantes son animales identificados más de una vez.

En el Cuadro 3 se muestran las Ballenas jorobadas observadas e identificadas durante la salida de campo a Isla Isabel, Nayarit en la temporada 86. En 59 horas de navegación el total de avistamientos fué de 47, de los cuales 14 fueron hechos en Enero y 33 en Febrero. El número de avistamientos por día navegado durante el mes de Enero fué de 2.3 y de 4.1 en el mes de Febrero. El número de avistamientos por hora navegada fué de 0.7 y de 0.9 en Enero y Febrero respectivamente. El total de animales avistados en toda la temporada fué de 130, observandose 36 en Enero y 94 en Febrero, avistándose además entre estos últimos a dos crías. El número de animales observados por avistamiento fué de 3.1 en el mes de Enero y de 2.9 en Febrero. Las abundancias relativas expresadas en número de animales avistados por hora navegada fueron de 1.7 y 2.8 para Enero y Febrero respectivamente. Las abundancias relativas expresadas en número de animales identificados por hora navegada para los meses de Enero y Febrero fueron de 1.1 y 1.8. El número de animales identificados por avistamiento en Enero fué de 2.1 y en Febrero de 1.9. Los porcentajes de animales identificados por avistamiento, en relación al número de animales observados por avistamiento

CUADRO 3. Rorcuales jorobados avistados e identificados en las inmediaciones de Isla Isabel, Nayarit, durante el periodo comprendido entre los días 12 de Enero y 20 de Febrero de 1986.

Numero de avistamiento	Fecha	Hora	Numero de horas navegadas	Numero de individuos	Individuos identificados dentro del avistamiento	Posicion
1	12/ I /86	09:15	4:14	2	-	3 millas al E
2		09:44		2	-	3 millas al NE
3		10:05		2	-	3 millas al E
4		10:48		4	1MS61007 4MS61012 5MS1001 5MS61031	3 millas al SE, 5 millas al SE y 2 millas al SE
5	14/ I /86	11:00	3:10	2	5MS61033	1 1/2 millas al E
6		11:32		3	2MS61017 5MS61037	1/2 milla al NE
7		12:18		1	5MS61024	2.5 millas al E
8		12:32		2	2MS61017 4MS61014	2.5 millas al E
9		13:16		2	4MS61013 5MS61032	1 1/2 millas al SE a 1/2 milla al SO
10	16/ I /86	10:00 a 12:08	3:48	3-6	1MS21001 1MS61004 3MS1002 4MS61016 5MS1001	Dentro de 1/2 milla al E, a 3 millas al NO

CUADRO 3. Continuación

Numero de avistamiento	Fecha	Hora	Numero de horas navegadas	Numero de individuos	Individuos identificados dentro del avistamiento	Posición
11	17/ I /86	11:00 a 12:44	2:58	5-7	1MBS1001 3MBS1012	2 millas 330 ND a 6 millas al NO
12	18/ I /86	11:17	4:29	1	-	2 millas 270 al O
13		13:15		2	2MBSB001 5MBS1016	1/2 milla al N
14	19/ I /86	11:24 a 13:30	2:06	2	2MBSF001 5MBS1022	300 metros 210 al SO
15	7/II/86	11:15 a 11:45	1:15	3	2MBS1016 4MBS1008	5 millas al SE
16		12:08 a 12:30		5	4MBS1015 2MBS1034 5MBS1035	1 milla al SE a 3 millas al E
17	12/II/86	09:20	4:30	2	-	2 millas al E
18		10:08		2	5MBS1036	2 millas al E
19		10:30 a 11:00		2	5MBS1036	3.5 millas al E
20		11:19 a 12:06		2	2MBS1018 2MBS1019	3 millas al SE
21		12:45 a 12:50		2	1MBS1009 4MBS1017	2 millas al NE

CUADRO 3. Continuacion

Numero de avistamiento	Fecha	Hora	Numero de horas navegadas	Numero de individuos	Individuos identificados dentro del avistamiento	Posicion
22	12/11/86	08:20 a 09:25	5:26	2	3MB61019	1 milla al SE a 3 millas al E
23		10:48 a 12:08		4	1MB61008 2MB61018 3MB61010 5MB61038	5 millas al NE a 2 millas al NE
24		12:15 a 12:48		2	3MB61010 5MB61038	2 millas al NE a 1 1/2 millas al N
25		12:49 a 13:45		2	3MB61007 2MB61010	1 1/2 millas al N
26	14/11/86	08:50 a 09:34	6:20	4	4MB61004 5MB61023 5MB61027	1/2 milla al SDO
27		11:30 a 12:25		4	5MB61015 5MB61020	1 milla al NO
28		11:35 a 13:20		2	1MB61005 2MB61008	1 1/2 millas al SO a 2 millas al SO
29		13:35 a 14:30		1	2MB61013	3 millas al S, 5 millas al SDO y 1/2 milla al S
30		13:50 a 14:30		7	2MB61006 2MB61009 3MB61005	5 millas al SDO a 1/2 milla al S

CUADRO 3. Continuación

Numero de avistamiento	Fecha	Hora	Numero de horas navegadas	Numero de individuos	Individuos identificados dentro del avistamiento	Posición
31	16/11/86	09:18 a 10:45	5:20	4	2MB61009 3MB61006 4MB61007 5MB61017 5MB61020	4 millas 60 al NE a 5.5 millas al NE
32		10:56 a 12:07		2	3MB61008 5MB61019	2 millas al NE a. 1.5 millas al NE
33		12:33 a 13:24		2	5MB61021 5MB61027	1.5 millas al NE a 2 millas al N
34		13:30 a 13:45		2	4MB61004 4MB61007	1 milla al N
35		14:05 a 14:20		4	2MB61009 4MB61004 5MB61028	1/2 milla al NE (frente a las monas)
36	18/11/86	09:50 a 11:05	3:52	2	5MB61030	1 milla al E a 2 millas al E
37		11:10 a 11:45		2	2MB61011 3MB61009	1 1/2 millas al ENE a 1 milla al NE
38		13:15 a 13:22		1	2MB61007	1 milla 315 al NO
39	19/11/86	10:20 a 10:45	4:56	1	5MB61029	1 milla al S a 2 millas al S

CUADRO 3. Continuacion

Numero de avistamiento	Fecha	Hora	Numero de horas navegadas	Numero de individuos	Individuos identificados dentro del avistamiento	Posicion
40	19/11/86	11:30 a 12:50		1	1MB61006	3 o 4 millas al SE
41		12:50 a 13:45		9	1MB61003 1MB61005 2MB61014	9 millas al B
42		13:45 a 14:45		5	3MB61011 4MB61004 4MB61006 5MB61013	9 millas al S a 15 millas al S
43	20/11/86	09:16 a 09:45	5:50	2	5MB61026	1 milla al N a 1 1/2 millas al NE
44		10:00 a 11:32		4	2MB61012 4MB61009 4MB61010 5MB61018	2 millas al E
45		12:05 a 12:26		1	-	1 1/2 millas al NO
46		12:30 a 13:30		4	4MB61005 4MB61011 5MB61014 5MB61025	
47		13:30 a 14:20		2	2MB61015 4MB61005 4MB61011	

fueron del 67 y 66% para Enero y Febrero. Del total de 130 animales observados, se identificó a 73, 46 no fué posible fotografiar o reconocer en las fotografías y los 11 restantes son animales identificados más de una vez.

En el Cuadro 4 se muestran los Rorcuales jorobados individualizados mediante el primer intento en el uso de la técnica de fotoidentificación, durante las navegaciones en las aguas circundantes a Isla Isabel dentro de la temporada 84. En este Cuadro se aprecia que se identificaron 5 animales de los 11 que fueron observados en esos tres avistamientos. Este número reducido de animales identificados se debió a que durante la primera salida se realizaron pocas navegaciones. En la Ciudad de México se perdió además, aproximadamente la mitad del material fotográfico obtenido.

En el Cuadro 5 se muestran las ballenas individualizadas por medio de fotoidentificación durante la segunda salida de campo. Cada marca (X) representa la aparición del individuo del renglón en el que se encuentra, en el día de la columna correspondiente; el subíndice de la marca indica el grupo de animales en el que se encontraba un individuo en un cierto día, de modo que es posible visualizar las variaciones en la agrupación de las ballenas a lo largo del período de estudio. En este Cuadro se observa que de los 22 animales identificados, dos de ellos (3M85I002 y 5M85I006) fueron reconocidos en tres ocasiones diferentes; tres (5M85I001, 5M85I007 y 5M85I009)

CUADRO 4. Rorcuales forcados individualizados por medio de fotoidentificacion durante las navegaciones alrededor de Isla Isabel efectuadas los dias 28 y 29 de Diciembre de 1983.

Numero de identidad	D I A S	N A V E G A D O S	FOTOIDENTIFICACIONES.
	28	D I C I E M B R E	
		29	
2MB41004		X	1
2MB41005		X	1
4MB41003	X		1
5MB41011	X		1
5MB41012	X		1

CUADRO 5. Individuos fotoidentificados durante las navegaciones alrededor de Isla Isabel en Diciembre de 1984 y Enero de 1985.

Numero de identidad	DIAS		NAVEGADOS	Fotoidenti- ficaciones			
	DICIEMBRE	ENERO					
25	26	27	28	29	30	31	1
1MBS1001						X	2
1MBS1002			X	2			1
2MBS1001						X	2
2MBS1002						X	1
2MBS1003						X	2
2MBS1001						X	1
3MBS1001						X	1
3MBS1002						X	1
3MBS1003						X	1
3MBS1004						X	1
4MBS1001						X	2
4MBS1002						X	1
5MBS1001						X	2
5MBS1002						X	3
5MBS1003						X	2

CUADRO 5. Continuación

Número de Identidad	D I A S N A V E G A D O S				Fobidentificaciones
	D I C I E M B R E	1984	E N E R O	1985	
	25	26	27	28	
SMBSI004			X 1		1
SMBSI005				X 2	1
SMBSI006	X 1	X 1	X 2		3
SMBSI007			X 1	X 2	2
SMBSI008				X 2	1
SMBSI009	X 2	X 1		X 2	2
SMBSI010			X 4		1
Identificaciones por día	4	5	8	4	7
No. acumulativo de identificaciones		9	17	21	28
No. acumulativo de animales identificados		5	13	15	21
Estimaciones absolutas			29	28	45

aparecieron en dos ocasiones diferentes y el resto aparecieron en una sola ocasión. En la parte final del Cuadro se observan los números acumulativos de identificaciones realizadas y de animales diferenciados. Con estos se construyó la Fig. 9 que representa la tasa de aparición de nuevos individuos en las fotoidentificaciones realizadas en esta temporada. El máximo valor de abundancia estimado mediante la ec. 2 para este momento de la temporada fué de 49 ballenas.

Del mismo modo hecho en el Cuadro 5, en el Cuadro 6 se presentan las jorobadas individualizadas por medio de

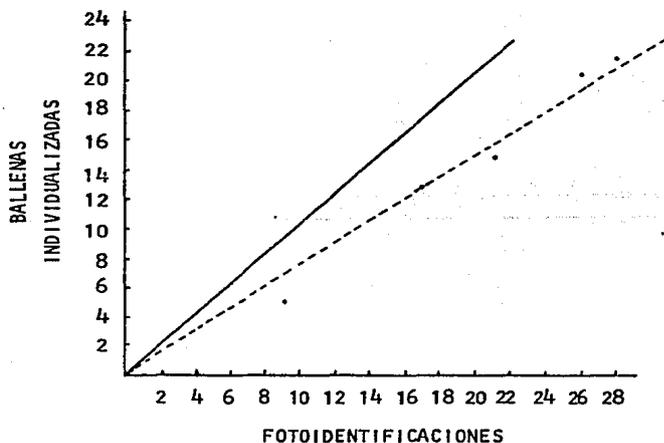


Fig. 9. Tasa de aparición de nuevos individuos en las fotoidentificaciones realizadas en la temporada 85.

—  $y=x$ ; --- observado.



CUADRO 6. Continuacion

Numero de Identidad	DIAS NAVEGADOS														Fotoidentificaciones	
	ENERO							FEBRERO								
	12	14	16	17	18	19	7	12	13	14	15	18	19	20		
2MB61015														X	4	1
2MB61016							X									1
2MB61017																1
2MB61018								X	2							2
2MB61019								X	2							2
2MB4B001																1
3MB51002																1
3MB61005																1
3MB61006																1
3MB61007																1
3MB61008																1
3MB61009																1
3MB61010																1
3MB61011																1
3MB61012																1
3MB5P001																1
4MB61004																3

CUADRO 6. Continuacion

Numero de Identidad	DIAS NAVEGADOS							Fobidenci- ficaciones								
	12	14	16	17	18	19	7		12	13	14	15	16	18	19	20
4MB61005															X 3-4	1
4MB61006														X 3		1
4MB61007												X 1-4				1
4MB61008															X 2	1
4MB61009															X 2	1
4MB61010															X 3-4	1
4MB61011																1
4MB61012																1
4MB61013																1
4MB61014																1
4MB61015																1
4MB61016																1
4MB61017																1
5MB61001																2
5MB61013																1
5MB61014																1

CUADRO 6. Continuacion

Numero de Identidad	DIAS							NAVEGADOS				Fotoidenti- ficaciones		
	12	14	16	17	18	19	7	12	13	14	16		18	19
5M861015												X	2	1
5M861016					X	1								1
5M861017											X	1		1
5M861018														1
5M861019								X	1		X	2		2
5M861020										X	2	X	1	2
5M861021											X	3		1
5M861022									X	1				1
5M861023														1
5M861024														1
5M861025														1
5M861026														1
5M861027														1
5M861028										X	1	X	3	2
5M861029												X	5	1
5M861030													X	1

CUADRO 6. Continuation

Numero de Identidad	ENERO							FEBRERO							Fotoidentificaciones
	12	14	16	17	18	19	20	7	12	13	14	16	18	19	
5M861031	X														1
5M861032		X													1
5M861033		X													1
5M861034								X							1
5M861035								X	2						1
5M861036								X	2						1
5M861037															1
5M861038															1

Identificaciones por dia	4	7	5	2	2	2	2	5	5	7	11	11	4	9	10
No. acumulativo de identificaciones	11	16	18	20	22	27	32	39	50	61	65	75	84		
No. acumulativo de animales identificados	11				18			30	35	46	52	56	63	73	
Estimaciones absolutas				89			238	173	290	183	210	221	289		

X 2-3

fotoidentificación durante la salida de campo realizada en la temporada 86. De los 73 animales identificados, uno (4MB6I004) apareció en tres ocasiones diferentes; nueve (1MB5I001, 1MB6I005, 1MB6I008, 2MB6I009, 2MB6I018, 5MB5I001, 5MB6I019, 5MB6I020 y 5MB6I027) fueron reconocidos en dos ocasiones diferentes y el resto aparecieron una sola vez. Con estos datos se estimó, mediante el uso de la ec. 1 descrito en la metodología, que el número de animales que estuvo presente en el período de trabajo dentro del área de estudio fue de 285. En la parte final del Cuadro se presentan los números acumulativos de identificaciones

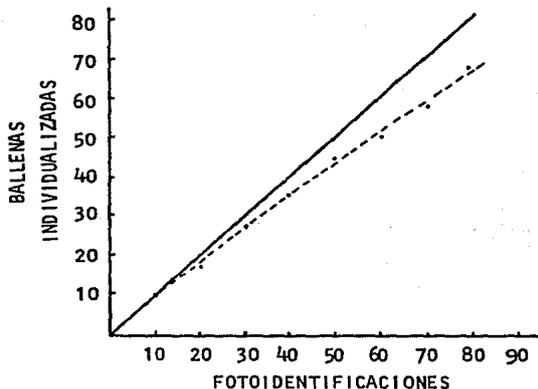


Fig. 10. Tasa de aparición de nuevos individuos en las fotoidentificaciones realizadas en la temporada 86.  
—  $y=x$ ; --- observado.

realizadas y de animales diferenciados. Con estos datos se construyó la Fig. 10 que esquematiza la tasa de aparición de nuevos individuos en las fotoidentificaciones hechas en la temporada 86. Mediante la aplicación de la ec. 2 a estos datos, se encontró que el máximo valor de abundancia fué de 89 animales en Enero y 290 en Febrero.

Al aplicar el estimador de Bailey a los datos registrados en las temporadas 85 y 86 como períodos de captura y recaptura respectivamente, se calculó un valor de  $N=325$  animales.

El modelo de Jolly-Seber aplicado a los datos de la temporada 86, dentro de la cual cada día fué considerado como un período de captura, proporcionó una estimación de  $N=59$  animales presentes en el área el día 16/II/86.

En el Cuadro 7 se confronta el número de avistamientos por hora navegada, el número de animales observados por hora navegada, el número de animales identificados por hora de navegación y las estimaciones absolutas obtenidas para las temporadas 85 y 86. Los índices de abundancia relativa de Diciembre de 1984 y Enero de 1986, así como los de Enero y Febrero de 1986 fueron comparados por medio de la prueba de Mann-Whitney con un 95% de confianza. Al comparar los resultados obtenidos en Diciembre de 1984 con los de Enero de 1986, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres índices. Comparando los datos de Enero y Febrero de 1986, se encuentra que sólo el número de animales identificados por hora de navegación resulta ser

CUADRO 7. Comparación entre diferentes índices de abundancia y algunas estimaciones obtenidas para las Ballenas Jorobadas que transitaron por las inmediaciones de Isla Isabel en las temporadas 84, 85 y 86.

DICIEMBRE 1984				ENERO 1986				FEBRERO 1986			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
0.4	1.0	0.0	-	0.9	2.4	0.9	-	1.6	6.4	4.0	-
1.0	1.0	0.0	-	1.6	3.1	2.2	-	1.1	2.2	1.1	238
0.3	1.4	1.4	-	0.3	1.2	1.3	-	0.7	1.6	1.2	173
1.1	3.4	1.9	-	0.3	2.0	0.7	-	0.8	2.8	1.7	290
0.8	1.9	1.0	29	0.4	0.7	0.4	89	0.9	2.6	2.0	183
0.7	1.2	0.7	28	0.5	1.0	1.0	-	0.8	1.3	1.0	210
0.6	1.4	1.4	45					0.8	3.2	1.8	221
0.7	1.5	0.4	49					0.9	2.2	1.7	289

- A.- Número de avistamientos por hora navegada.  
 B.- Número de animales avistados por hora navegada.  
 C.- Número de animales identificados por hora navegada.  
 D.- Estimación absoluta.

CUADRO B. Resultados obtenidos durante las salidas de campo a Isla Isabel, Nayarit en las temporadas 84, 85 y 86.

Temporada	Horas navegadas	Total de avistamientos	Avistamientos por día	Avistamientos por hora	Total de animales observados	Total de animales identificados	Animales observados por avistamiento	Animales identificados por avistamiento	Animales observados por hora navegada	Animales identificados por hora navegada
84	-	12	3.0	-	31	5	2.5	-	-	-
85	34	21	2.6	0.7	55	22	2.4	1.3	1.6	0.8
86	21	14	2.3	0.7	36	20	3.2	2.1	1.7	1.1
Febrero	38	33	4.1	0.9	94	53	2.9	1.9	2.8	1.8

significativamente mayor en el mes de Febrero. Por otra parte, se observa que las variaciones presentes en las abundancias relativas no coinciden con los cambios en la abundancia absoluta estimada en el mes de Febrero.

La Fig. 11 esquematiza la tendencia en las variaciones de abundancia, a medida que avanza una temporada reproductiva, utilizando las estimaciones obtenidas mediante la ec. 2 para Diciembre de 1984 (Temporada 85), Enero y Febrero de 1986 (Temporada 86).

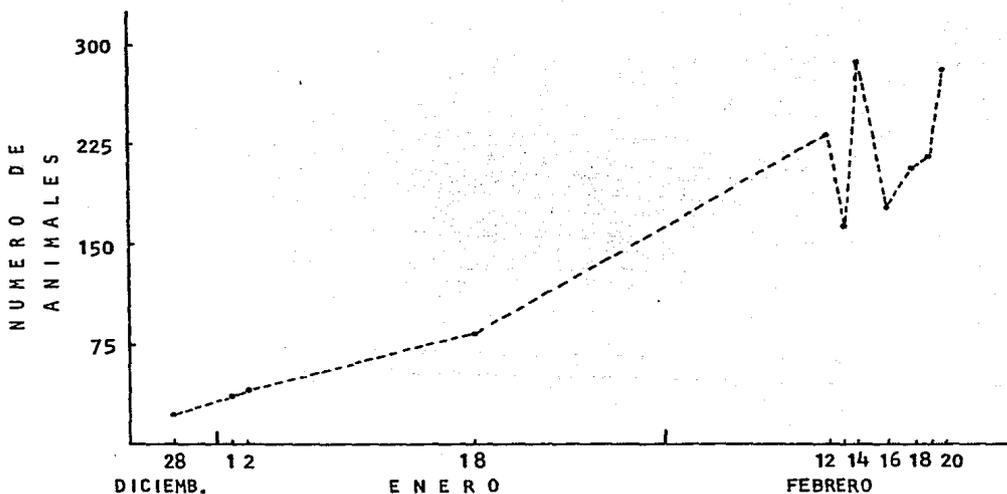


Fig. 11. Tendencia en las variaciones de abundancia a medida que avanza una temporada reproductiva.

Como es de esperarse, en el mes de Diciembre se observa un número muy bajo de ballenas (49), aumentando gradualmente en el mes de Enero (89), y llegando a su máximo en Febrero (290). Se observan ciertas oscilaciones al alcanzar el máximo de abundancia.

## DISCUSION

Como se observa en los Cuadros 1, 2 y 3, de los 216 animales que fueron avistados, fué posible reconocer a 96 mediante el uso de las variaciones en la pigmentación y la morfología, cicatrices y otras marcas que se observan en las aletas caudales de las Ballenas jorobadas. Dichos patrones fueron constantes en aquellos animales (2M84B001, 1M85I001, 3M85I002, 5M85I001, 3M85P001) que se observaron en 2 o 3 años diferentes ; por lo que se puede inferir que las marcas naturales presentes en las aletas caudales de estos animales varían poco con el tiempo. Esto concuerda con lo demostrado por Katona et al. (1979), quienes mencionan que, a menos que el animal sufra una herida o mutilación considerable en la aleta caudal, los patrones permanecen inclusive un tiempo después de la muerte del individuo. Se desconoce el tiempo total que pueden durar las huellas, pero es claro que el conjunto total de información presente en las aletas caudales es útil para reconocer individuos, y las variaciones que surgen son fácilmente detectables.

Otras características en la morfología de las jorobadas que pueden ser útiles para el reconocimiento de individuos, son las diferencias en la forma de las aletas dorsales; variaciones en la pigmentación de las aletas pectorales y región ventrolateral; y el número de pliegues faciales (Glockner y Venus, 1983). Sin embargo, el balance que

existe entre la cantidad de información que proporciona y la facilidad para obtener fotografías útiles, permite señalar a la aleta caudal como la estructura de las Ballenas jorobadas que es mas útil para reconocer individuos, por lo que el uso de otras estructuras se sugiere solamente de modo complementario.

La relación del número de animales identificados por avistamiento (1.3 en la temporada 85 y 2.1, 1.9 en la temporada 86) respecto a los observados por avistamiento (2.4 en la temporada 85 y 3.1, 2.9 en la temporada 86), proporcionan porcentajes del 57, 67 y 66% de animales identificados respecto de los observados. Esta es una primera aproximación a la medida de la eficiencia o éxito al obtener fotografías, y esta indicando que la técnica de fotoidentificación aportó para este trabajo, resultados aceptables en cuanto a la identificación y reconocimiento de individuos de la especie M. novaeangliae. Sin embargo, dado que un determinado número de fotografías se puede obtener en diferentes períodos de tiempo, una mejor medida de dicho éxito deberá considerar en el futuro, el esfuerzo aplicado en realizar fotoidentificaciones.

Por otra parte, la obtención de un registro de identidades individuales, permite obtener muestras de una población cuyo tamaño se desconoce. Dichas muestras deben permitir la aplicación de uno o varios modelos estimadores del tamaño poblacional.

Cada modelo estimador describe el comportamiento de una

serie de datos caracterizados por ciertas condiciones. Es decir que el primer paso para medir una población debería de ser el diseñar un método de muestreo que proporcionara resultados a los cuales fuera posible adaptar un modelo estimador seleccionado de antemano. La opción sería reconocer en una serie de datos ya obtenidos, un cierto comportamiento analítico y asociarle un modelo estimador. Aunque este es el caso del presente trabajo, se lograron reconocer diversas posibilidades para estimar el tamaño poblacional, de las cuales se presentan cuatro.

Es importante mencionar aquí que no fué objetivo de este trabajo el realizar comparaciones entre los modelos estimadores y sus características, ya que requiere de un análisis que sale del alcance de este trabajo. Por esto, para cada estimación obtenida, no se calcularon las desviaciones estandard ni los intervalos de confianza, los cuales dependen de la distribución de los datos y de las características de los modelos estimadores empleados. Sin embargo, en la revisión de la literatura, se encontraron las fórmulas de las desviaciones estandard para las estimaciones obtenidas mediante los modelos de Bailey y Jolly-Seber, y fueron presentados ya que en algunos casos estos datos no son accesibles.

La aplicación de los modelos estimadores utilizados se fundamenta en la consideración de que cada imagen obtenida equivale a la captura del individuo, de modo que es susceptible de ser reconocido en capturas posteriores.

serie de datos caracterizados por ciertas condiciones. Es decir que el primer paso para medir una población debería de ser el diseñar un método de muestreo que proporcionara resultados a los cuales fuera posible adaptar un modelo estimador seleccionado de antemano. La opción sería reconocer en una serie de datos ya obtenidos, un cierto comportamiento analítico y asociarle un modelo estimador. Aunque este es el caso del presente trabajo, se lograron reconocer diversas posibilidades para estimar el tamaño poblacional, de las cuales se presentan cuatro.

Es importante mencionar aquí que no fué objetivo de este trabajo el realizar comparaciones entre los modelos estimadores y sus características, ya que requiere de un análisis que sale del alcance de este trabajo. Por esto, para cada estimación obtenida, no se calcularon las desviaciones estandard ni los intervalos de confianza, los cuales dependen de la distribución de los datos y de las características de los modelos estimadores empleados. Sin embargo, en la revisión de la literatura, se encontraron las fórmulas de las desviaciones estandard para las estimaciones obtenidas mediante los modelos de Bailey y Jolly-Seber, y fueron presentados ya que en algunos casos estos datos no son accesibles.

La aplicación de los modelos estimadores utilizados se fundamenta en la consideración de que cada imagen obtenida equivale a la captura del individuo, de modo que es susceptible de ser reconocido en capturas posteriores.

En los modelos utilizados, existe una suposición importante para que la estimación represente de la mejor manera la realidad: todo evento tiene la misma probabilidad de ocurrencia. Si esto se cumple, el estimador utilizado dependerá fundamentalmente del tamaño de la población.

Sin embargo, el área de estudio está ubicada dentro de una zona mayor dentro de la cual las ballenas se mueven libremente. Esta zona grande puede ser la sugerida por Urbán y Aguayo (en prensa) como la subregión III que incluye a Isla Isabel, las Tres Marías y Bahía de Banderas. Si la suposición anterior es correcta, sólo una parte de los animales que ocupan la subregión III transitó al azar por el área trabajada, de modo que la estimación hecha para las inmediaciones de Isla Isabel, definitivamente no considera a todos los animales que se encontraron en la subregión III durante los Inviernos 85 y 86, sino sólo a los que trasitaron por una área aproximada de  $700 \text{ km}^2$  alrededor de Isla Isabel. Basándose en las consideraciones anteriores, es muy difícil afirmar que todos los animales fotografiados tuvieron las mismas probabilidades de ser capturados. El resultado consecuente de este problema es difícil de determinar con precisión, pero se puede decir que si las jorobadas no muestran cambios en el uso que hacen de los espacios en las áreas reproductivas, por la zona de Isla Isabel transitará generalmente el mismo número de animales cada temporada y la estimación no estará muy lejos del número real de animales que pasaron por el área de trabajo.

Para la aplicación del modelo estimador de Bailey, se consideró que aquellos animales que estuvieron presentes dentro de la subregión III en la temporada 85, también lo estuvieron en la temporada 86, de manera que se aproximara una cierta cerradura geográfica. En este aspecto, la identificación repetida durante tres años consecutivos del animal 2M84B001 en la subregión III (Bahía de Banderas en la temporada 84 e Isla Isabel en las temporadas 85 y 86), aunado a las reidentificaciones en dos años consecutivos en Isla Isabel de las ballenas 1M85I001, 3M85I002 y 5M85I001, proporciona evidencia directa sobre el uso que hacen las jorobadas de sus destinos disponibles. Los resultados indican que, al parecer, existe una tendencia a retornar con regularidad a esta zona. Por lo anterior, se esperaría que en general, fuera bajo el intercambio de animales entre diferentes regiones o subregiones, de modo que efectivamente estuvieran regresando el mismo número de animales.

Un dato que dificulta la interpretación de los resultados es la reidentificación del animal 3M85P001 que fué observado por vez primera en las cercanías de La Paz, Baja California dentro de lo que Urbán y Aguayo (en prensa) denominan la subregión I, y reidentificado la siguiente temporada en Isla Isabel. Diversas alternativas pueden ser sugeridas con respecto a este problema; sin embargo, es preferible esperar a que futuras investigaciones aporten resultados que fundamenten hipótesis más sólidas.

En cuanto a las condiciones demográficas, se consideró que la diferencia entre las tasas de natalidad y mortalidad era aproximadamente cero. Sin embargo, hay que tener presente que se está trabajando con una población animal que fué sobreexplotada, por lo que, si en estos momentos se está recuperando, será necesario determinar la tasa en la cual está ocurriendo. El bajo número de crías observadas durante las navegaciones realizadas, puede permitir inferir que la tasa actual de recuperación es baja, por lo que, por lo pronto y para los propósitos de este trabajo es suficiente tener presente que lo anterior estará generando un sesgo negativo en las estimaciones, y que muy posiblemente sea pequeño. Se sugiere que en trabajos posteriores se apliquen estimadores para poblaciones abiertas que permitan determinar la tasa de recuperación de esta especie.

Si se analiza el efecto que tendría el realizar sobreestimaciones, se encuentra que el excedente quedaría dentro de otras zonas de la subregión III, de manera tal que si se obtuvieran posteriormente buenas muestras de esas zonas, la sobreposición de los grupos sería detectable tanto en los números como en las fotoidentificaciones; mientras que si se subestimara el tamaño poblacional, los resultados obtenidos serían de cualquier manera reveladores, ya que las estimaciones más optimistas calculaban unos 300 animales para las aguas del Pacífico mexicano (Johnson y Wolman, 1984), número alrededor del

cual se encuentra la estimación presentada en este trabajo tan solo para los animales que transitaron por el área de Isla Isabel.

Finalmente en cuanto a lo que esta prospección dilucidó sobre la utilidad de la técnica de fotoidentificación para estimar abundancia absoluta, queda por decir que, tan sólo en base a las observaciones de campo, se sospechaba que el posible número de Rorcuales jorobados que ocuparía el área de Isla Isabel y las Tres Marías se encontraría entre los 200 y 300 animales. Por otra parte, en una tarde de observación desde la Isla en los momentos de mayor densidad, se podían contar alrededor de ella unos 30 animales, a partir de los cuales ya no era posible asegurar que los conteos incluían animales ciertamente diferentes.

Los resultados obtenidos tanto para la temporada completa como para un solo día, son congruentes entre sí y con lo que se suponía en base a las observaciones de campo, por lo que se puede decir con bastante confianza que en las temporadas 85 y 86 circularon por el área de Isla Isabel alrededor de 300 Ballenas jorobadas; que en un día de alta densidad pueden estar presentes unos 59 individuos en 15 millas a la redonda de la Isla; y que el número estimado de animales es sólo una parte del total que ocupan un área mayor, que puede ser la subregión III de Urbán y Aguayo (en prensa) y que dentro de esta última, los animales se intercambian indiscriminadamente (como se hace evidente por la aparición del animal 5M861023 en Isla Isabel y en Bahía

de Banderas en diferentes días del mes de Febrero de 1986); por lo cual, no es posible extender el análisis de este trabajo a toda la subregión hasta no conocer el grado de intercambio que existe entre zonas mas pequeñas como Isla Isabel, Las Tres Marías y Bahía de Banderas.

Por lo anterior, se recomienda que se realicen muestreos simultáneos en las zonas mencionadas para poder elaborar el esquema actual completo de la población reproductora de Ballenas jorobadas que se encuentra en aguas mexicanas. El primer paso está dado con la implementación de la técnica de fotoidentificación como un método satisfactorio para obtener muestras de una población de Rorcuales jorobados.

Se buscaron por otra parte, indicadores relativos de abundancia que permitieron detectar variaciones temporales. Para tal propósito se midieron las diferencias observadas entre Enero y Febrero de 1986 en número de avistamientos por hora navegada, número de animales avistados por hora navegada y número de animales identificados por hora de navegación. Las diferencias significativas que se encontraron para el número de animales identificados por hora de navegación entre los meses de Enero y Febrero en la temporada 86, se deben indudablemente a una variación en la abundancia absoluta presente en esos momentos (89 animales estimados en Enero y 290 en Febrero). Sin embargo, al comparar las abundancias relativas y las abundancias absolutas diarias, se encontró que no existe congruencia en

las variaciones. Esto se debe a un factor ajeno a la abundancia que está influyendo sobre el índice relativo. Tal factor es muy probable que sea el éxito o eficiencia en la obtención de fotografías. De aquí que el uso de animales identificados por hora de navegación como índice relativo de abundancia, sólo sea útil por el momento, para detectar cambios grandes en la abundancia real (posibles solamente en períodos relativamente grandes de tiempo; p. ej. entre Enero y Febrero) hasta que no se elimine el efecto que sobre él tiene el éxito en la obtención de imágenes.

Como se observa en los resultados (Fig. 11), la abundancia absoluta se incrementó según avanzó el tiempo en las temporadas, de 45 animales en Diciembre de 1984 (temporada 85), a 89 en Enero de 1986 y hasta 290 en Febrero del mismo año (temporada 86), lo cual indica que al principio de la temporada, la llegada de las ballenas parece ser gradual, mientras que al acercarse a la parte alta de la temporada, la llegada del resto de los animales es más abrupta. Las estimaciones realizadas mediante la ec. 2 para diversos días en el mes de Febrero, muestran oscilaciones que son evidentes en este momento dado el esfuerzo aplicado, y que pueden deberse al libre tránsito de las jorobadas dentro de un área mayor en la cual, como fué mencionado anteriormente se encuentra Isla Isabel.

El esquema de la Fig. 11 es similar al propuesto por Aguayo et al. (1984) para la Bahía de Banderas en base a densidad de observaciones, sólo que en el presente estudio

se ha ganado en precisión y detalle. Esto sugiere que el método alternativo de observaciones sencillas puede ser útil si el objetivo es obtener ciertos indicadores de abundancia, así como determinar la variación temporal en la abundancia a lo largo de una estación reproductora. Sin embargo, la subjetividad en las observaciones sencillas no proporciona ningún punto con solidez que apoye conclusiones elaboradas con ese método. Es importante señalar que las aquí llamadas observaciones sencillas son de gran utilidad para obtener información sobre el comportamiento de las ballenas, particularmente si son realizadas desde tierra.

## CONCLUSIONES

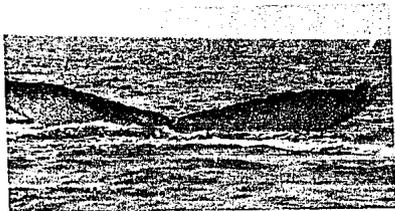
1. La técnica de fotoidentificación es útil para reconocer individuos de la especie Megaptera novaeangliae en las zonas de reproducción del Pacífico mexicano, además de poderse realizar a un costo relativamente bajo.
2. La estructura de las Ballenas jorobadas que es mas útil para fotoidentificar individuos es la región ventral de las aletas caudales.
3. La fotoidentificación de Rorcuales jorobados permite la aplicación de diversos modelos estimadores de abundancia absoluta.
4. Mediante el uso de la técnica de fotoidentificación es posible obtener indicadores de abundancia relativa, sin embargo, factores como la habilidad del observador, la conducta de los animales y el estado del tiempo, influyen hasta ahora en el valor del índice, además de la abundancia real existente. Lo anterior es particularmente evidente, en intervalos cortos de tiempo donde los cambios de abundancia son mínimos, por lo que, este tipo de índice sólo es útil por el momento para detectar cambios grandes en la abundancia.
5. Hasta el momento, la estrategia de muestreo que ha resultado más apropiada para obtener datos con los que se pueden calcular las mejores estimaciones, es el tratar de fotoidentificar al mayor número de animales posible.

6. En una estación reproductora, por las inmediaciones de Isla Isabel transitan al menos unos 300 animales del total que es posible encontrar en un área mayor que incluye también a las Islas Tres Marías y a la Bahía de Banderas.
7. Existen más animales que visitan aguas mexicanas que lo que se conocía de la literatura reciente.
8. Se observó que las Ballenas jorobadas mostraron una tendencia a retornar a la zona de estudio.
9. Es necesario extender este tipo de trabajo a otras zonas, como las Islas Tres Marías, la Bahía de Banderas y las Islas Revillagigedo para poder elaborar el esquema actual de la población de Ballenas jorobadas que en Invierno visita las aguas del Pacífico mexicano.



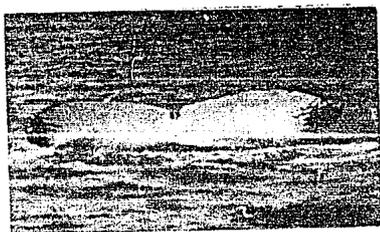
1M851001

16/1/86



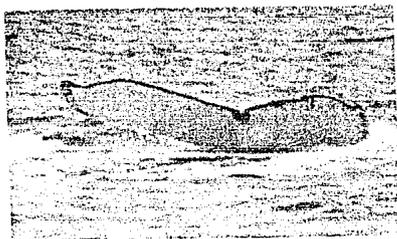
1M851002

28/X11/84



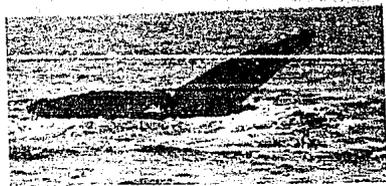
1M861003

19/11/86



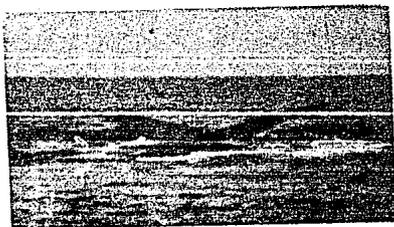
1M861004

16/1/86



1M861005

19/11/86



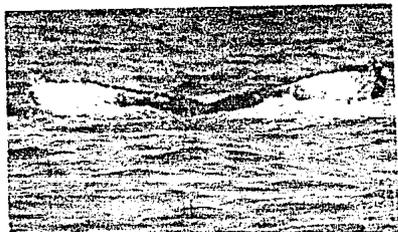
1M861007

12/1/86



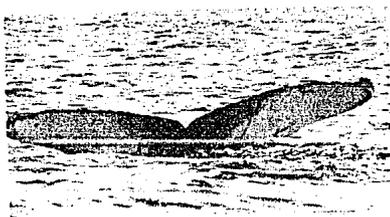
1M861008

13/11/86



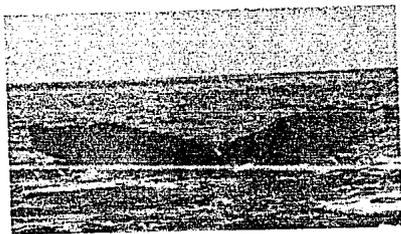
2M851001

1/1/85



2M851002

1/1/85



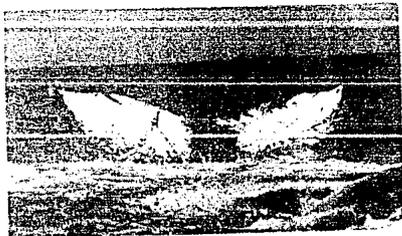
2M851003

28/X11/84



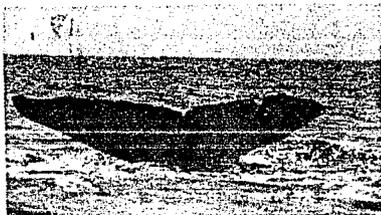
2M84B001

18/1/86



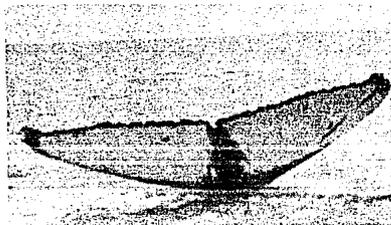
2M861006

14/11/86



2M861007

18/11/86



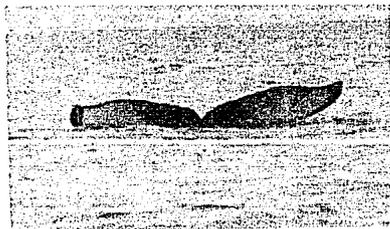
2M861008

14/11/86



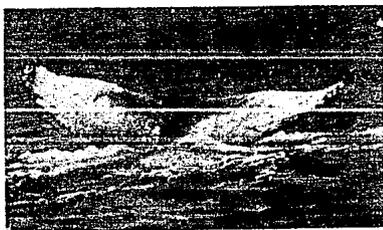
2M861009

16/11/86



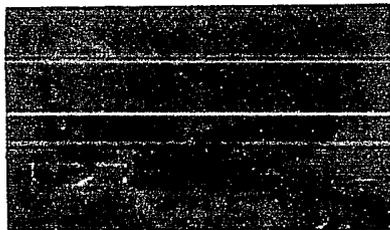
2M861010

13/11/86



2M861011

18/11/86



2M861012

20/11/86



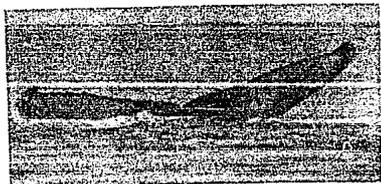
2M861013

14/11/86



2M861014

19/11/86



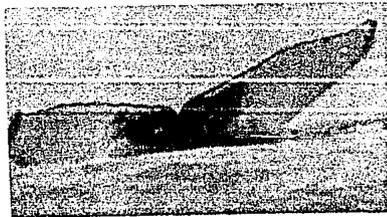
2M861015

20/11/86



2M861016

7/11/86

2M861017

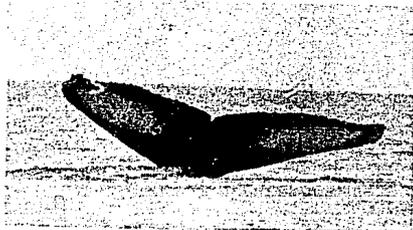
14/1/86



2M861018

12/11/86





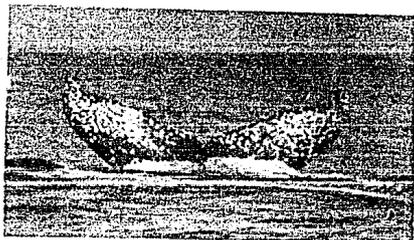
3M861007

13/11/86



3M861008

16/11/86



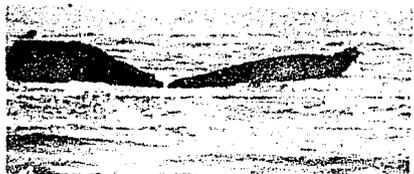
3M861009

18/11/86



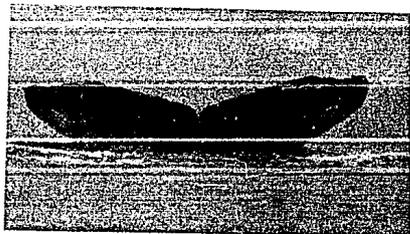
3M861010

13/11/86



3M85P001

19/1/86



4M851001

27/X11/84



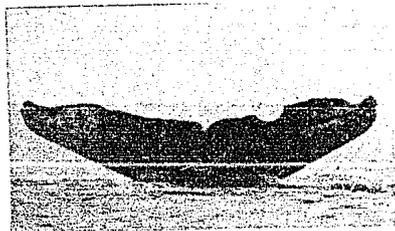
4M851002

27/X11/84



4M841003

28/X11/83



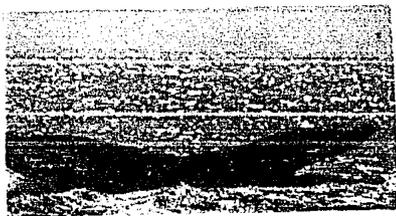
4M861004

14/11/86



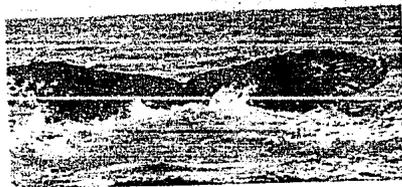
4M861005

20/11/86



4M861006

19/11/86



4M861007

16/11/86



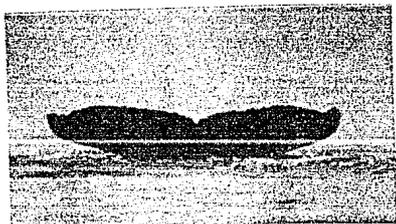
4M861008

7/11/86



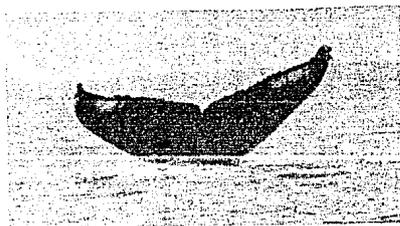
4M861009

20/11/86



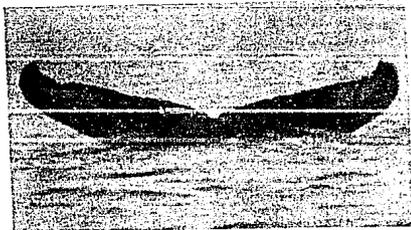
4M861010

20/11/86



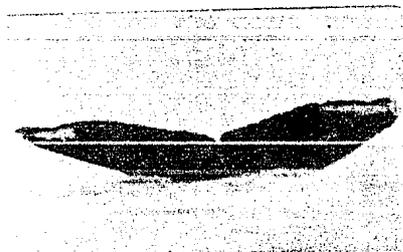
4M861011

20/11/86



4M861013

14/1/86



4M861014

14/1/86



4M861015

7/11/86



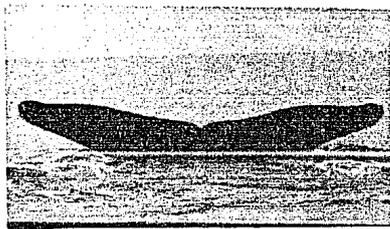
5M851001

16/1/86



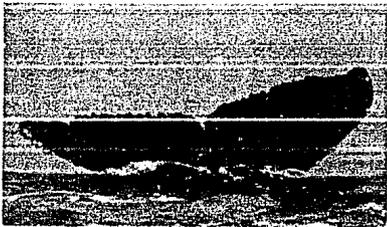
5M851002

27/X11/84



5M851003

27/X11/84



5M851004

27/X11/84



5M851005

1/1/85



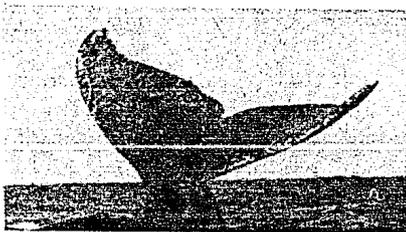
5M851006

28/X11/84



5M851007

1/1/85



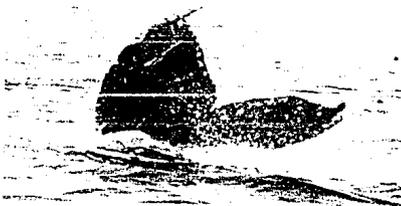
5M851008

1/1/85



5M851009

26/X11/84



5M841011

28/X11/83



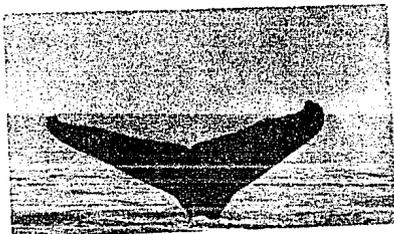
5M841012

28/X11/83



5M861013

19/11/86



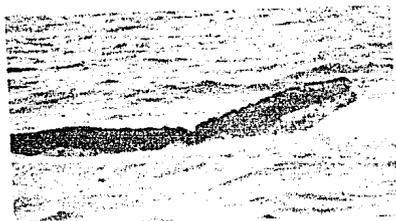
5M861014

20/11/86



5M861015

14/11/86



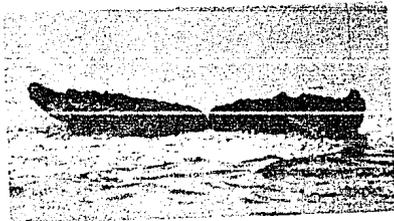
5M861016

18/1/86



5M861017

16/11/86



5M861018

20/11/86



5M861019

13/11/86



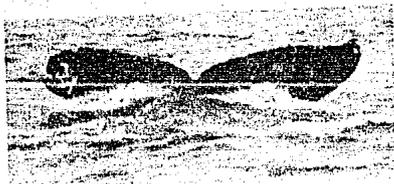
5M861020

14/11/86



5M861021

16/11/86



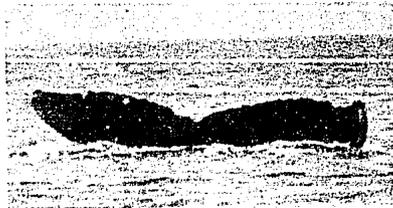
5M861022

19/1/86



5M861023

14/11/86



5M861025

20/11/86



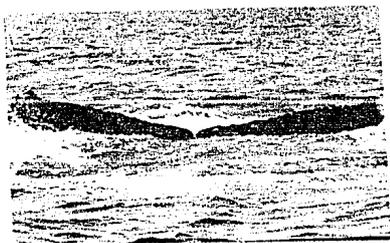
5M861026

20/11/86



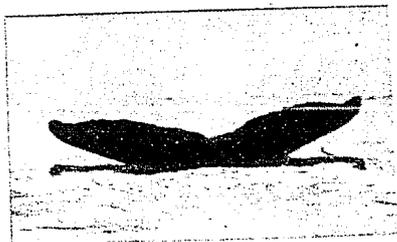
5M861027

16/11/86



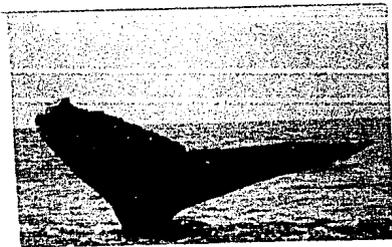
5M861028

16/11/86



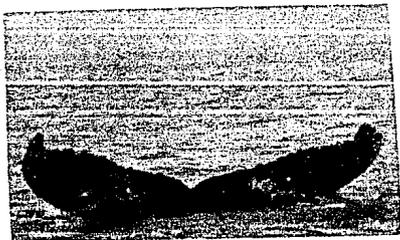
5M861030

18/11/86



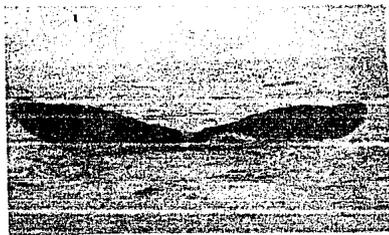
5M861031

12/1/86



5M861032

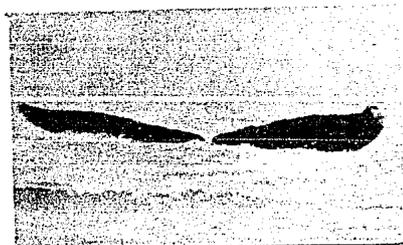
14/1/86



5M861033 14/1/86



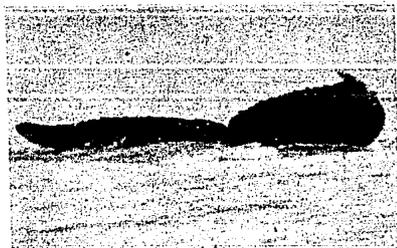
5M861034 7/11/86



5M861035 7/11/86



5M861036 12/11/86



5M861037 14/1/86

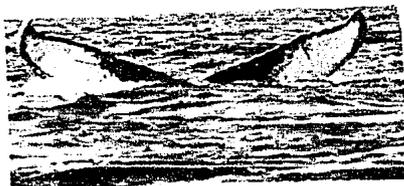


5M861038 16/1/86



2M841004

29/XII/83



2M841005

29/XII/83

## CREDITOS FOTOGRAFICOS

Las fotografías presentadas en este catálogo son del autor, con excepción de las siguientes:

## ANIMAL

1M861007

2M84B001

2M861017

3M851004

5M851002

5M851011

## AUTOR DE LA FOTOGRAFIA

Ma. del Carmen García Rivas

Ma. del Carmen García Rivas

Ma. del Carmen García Rivas

Lisa D. Johnson Mújica

Lisa D. Johnson Mújica

Lisa D. Johnson Mújica

es decir que,  $p(i)$  es la probabilidad de obtener  $i$  "éxitos" (apariciones en las fotografías) en  $n$  "ensayos" (fotoidentificaciones) independientes de Bernoulli, lo que genera la distribución Binomial con parámetros  $n$  y  $1/N$ .

Dado que el total de animales es  $N$ , el número esperado de ballenas que se identificarían  $i$  veces, está dado por la relación

$$X_i = Np(i)$$

es decir

$$X_i = [Nn! / (n-i)! i!] (1/N)^i (1-1/N)^{n-i} \dots \dots 1$$

En el caso del presente trabajo, se realizaron 84 fotoidentificaciones (durante la temporada 86), a partir de las cuales se diferenciaron 73 ballenas. Una de ellas se identificó en tres ocasiones diferentes, nueve aparecieron en dos ocasiones, y las 63 restantes aparecieron sólo una vez. Es decir que el valor observado de  $X_1$  fué de 63, el de  $X_2$  9 y el de  $X_3$  1.

Darling y Morowitz (1986) sugieren que estos valores sean utilizados en la ec. 1 para encontrar el valor de  $N$  que mejor ajuste a los valores observados de  $X_i$ .

En este caso, el procedimiento utilizado para estimar  $N$ , fué el método de la "Mínima ji cuadrada" (Mood et al., 1974), que consiste en encontrar el valor de  $N$  que minimice

la siguiente expresión:

$$T = \sum_i (X_i - \hat{X}_i)^2 / X_i \dots\dots\dots 2$$

en donde

$X_i$  es el número de ballenas identificadas  $i$  veces en las fotografías.

y  $\hat{X}_i$  es el número esperado de ballenas identificadas  $i$  veces en las 84 fotoidentificaciones, calculado para un valor fijo de  $N$  mediante la ec. 1.

En otras palabras, este método encuentra la  $N$  que minimiza las discrepancias entre los valores observados y los valores teóricos que se esperarían obtener por medio de la ec. 1.

Para minimizar el valor de  $T$  en la ec. 2, se implementó en computadora un algoritmo iterativo de búsqueda, en el cual, para cada valor de  $N$  se calculó  $X_i$  (usando la ec. 1) y después  $T$  (usando la ec. 2), de tal modo que se encontró el valor de  $N$  que minimizó  $T$ .

En base a la técnica descrita, el valor mínimo de  $T$  fué de 0.0198 que se alcanzó cuando  $N$  fué igual a 285.

Es importante hacer notar que el modelo binomial sólo es válido si los supuestos mencionados al inicio se cumplen.

También cabe mencionar, que el método de la "Mínima ji cuadrada" proporciona estimadores asintóticamente óptimos, en el sentido de la varianza mínima, pero las expresiones

para la esperanza y la varianza no son en general sencillas.

Como último comentario, el método de estimación utilizado no es el único que permite aproximarse al verdadero valor de  $N$ . Valdría la pena explorar métodos alternativos que permitan elaborar un análisis estadístico más profundo.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al Prof. Anelio Aguayo Lobo, quién además de haber sido el director de esta tesis, ha sido amigo y guía en la difícil tarea de salir adelante, tanto en lo académico como en lo personal.

Agradezco al Prof. Carlos Juárez López, Coordinador del Laboratorio de Vertebrados del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM., por las facilidades otorgadas para la realización de esta tesis.

También doy gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la ayuda económica otorgada durante 6 meses a partir del 1° de Mayo de 1986, mediante Beca tesis con número de registro 51778.

A la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) por los permisos y facilidades otorgadas para el desarrollo del trabajo en la Isla. Agradezco también al Personal de la Delegación Estatal de la SEDUE en Nayarit por su apoyo, y en particular al Sr. Leandro Galeana, conductor de la lancha durante las tres salidas de campo y cuyo entusiasmo y habilidad fué fundamental para el desarrollo de este trabajo.

Expreso mi gratitud a la Escuela de Ingeniería Pesquera de San Blas, Nayarit, que a través de su exdirector y actual rector de la Universidad de Nayarit, Ing. Salvador Villaseñor Anguiano, ofreció apoyo incondicional para llevar a cabo las actividades de campo.

En forma especial quiero agradecer al M. en C. Alejandro Martínez Mena Coordinador del Laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias, no sólo por haberme otorgado grandes facilidades para el procesado del material fotográfico sino también por su paciencia y amistad. Gracias también a Pablo Robles del mismo Laboratorio de Microcine.

Deseo agradecer a Renata Villalba y Raul Rueda del Laboratorio de Estadística de la Facultad de Ciencias por la asesoría que me proporcionaron para el manejo de los datos, cómputo y análisis estadístico, además de la elaboración del Anexo 2 del presente trabajo.

Gracias a Ma. del Carmen García, Lourdes Flores, Arturo Guzmán, Nelly Valdez y Alejandro Torres, compañeros del Cubículo de Mamíferos Marinos del Laboratorio de Vertebrados de la Facultad de Ciencias, quienes participaron con entusiasmo en las labores de campo y el procesado del material fotográfico. En general a todos los miembros del Cubículo que de una u otra manera me proporcionaron en todo momento apoyo y amistad, gracias sinceras.

Gracias también a Alfonso Valiente, Rodrigo Medellín y Alejandro Martínez, por permitirme usar sus computadoras para la impresión de borradores, así como la versión final del trabajo.

Agradezco al M. en C. Juan Luis Cifuentes L. por las facilidades de cómputo en el Laboratorio de Invertebrados.

Quiero agradecer de manera especial a Lisa Johnson M. quién con amor y entusiasmo me alentó y apoyó en todas las etapas de este trabajo.

Es muy importante expresar mi gratitud a la comunidad de Pescadores de Isla Isabel, ya que siempre me proporcionaron su valiosa ayuda desinteresada. Además, la convivencia con ellos ha sido una experiencia inolvidable.

A las personas que haya olvidado mencionar, les ofrezco una disculpa y les manifiesto mi gratitud.

Finalmente, agradezco a la Comisión Dictaminadora de la tesis: M. en C. Juan Luis Cifuentes Lemus, Dr. Victor Sánchez-Cordero, Biol. Luis E. Eguiarte Fruns y M. en C. Alejandro Martínez Mena, por la revisión y comentarios a este trabajo.

## REFERENCIAS

- Anónimo. 1979. Derrotero de las costas sobre el Océano Pacífico de México América Central y Colombia. Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía. Pub. S.M. No. 102.
- Anónimo. 1981. México-costa Oeste, Cabo San Lucas a Manzanillo e Islas Revillagigedo. Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía. Carta de Navegación S.M. 400.
- Aguayo L., A. 1982. Biología de los mamíferos marinos en el Pacífico mexicano. Laboratorio de Vertebrados. No publicado. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Aguayo L., A., J. Urbán R. y M. Salinas Z. 1984. El Rorcual jorobado (Megaptera novaeangliae), durante la estación reproductora en Bahía de Banderas, México. Trabajo presentado en la IX Reunión Internacional de Mamíferos Marinos, La Paz, Baja California Sur, 29-31 de Marzo, 1983. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Alvarez B., S. 1983. Gulf of California. p. 427-449. En: B. H. Ketchum (ed.). Estuaries and enclosed seas. Elsevier Scientific Publishing Comp., Amsterdam.

- Alvarez F., C., A. Aguayo L. y L. Johnson M. 1984.  
Fotoidentificación del Rorcual jorobado  
(Megaptera novaeangliae) en las aguas adyacentes  
a Isla Isabel, Nayarit I. Julio de 1984. No  
publicado. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Alvarez F., C., A. Aguayo L. y L. Johnson M. 1985.  
Fotoidentificación del Rorcual jorobado  
(Megaptera novaeangliae) en las aguas adyacentes  
a Isla Isabel, Nayarit II. Julio de 1985. No  
publicado. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Alvarez F., C., A. Aguayo L. y M.C. García R. 1986.  
Fotoidentificación del Rorcual jorobado  
(Megaptera novaeangliae) en las aguas adyacentes  
a Isla Isabel, Nayarit III. Noviembre de 1986.  
No publicado. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Balcomb K. C. y G. Nichols. 1982. Humpback whale  
censuses in the West Indies. Rep. Int. Whal.  
Commn. 32:401-406.
- Castillo A., A. y M. C. Chávez-Peón H. 1983. Ecología  
reproductiva e influencia del comportamiento en  
el control del número de crías en el Bobo de  
patas azules, Sula nebouxii, en la Isla Isabel,  
Nayarit. Tesis profesional. Facultad de  
Ciencias, UNAM.
- Caughley G. 1977. Analysis of vertebrate populations.  
John Wiley and Sons. London.

- Darling J.D. y C.M. Juraz. 1983. Migratory destinations of North Pacific humpback whales (Megaptera novaeangliae). pp. 359-368. En: R. Payne (ed.). Communication and behavior of whales. Westview Press. Boulder, Colo.
- Darling J. D., K. M. Gibson y G. K. Silver. 1983. Observations on the abundance and behavior of humpback whales (Megaptera novaeangliae) off West Maui, Hawaii, 1977-1979. pp. 201-222. En: R. Payne (ed.). Communication and behavior of whales. Westview Press. Boulder, Colo.
- Darling J.D. y D.J. McSweeney. 1985. Observations on the migrations of North Pacific humpback whales (Megaptera novaeangliae). Can. J. Zool. 63:308-314.
- Darling J.D. y H. Morowitz. 1986. Census of "Hawaiian" humpback whales (Megaptera novaeangliae) by individual identification. Can. J. Zool. 64:105-111.
- Doi T. 1974. Further development of whale sighting theory. p. 359-368. En: W.E. Schevill (ed.). The whale problem. Harvard Univ. Press.
- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República mexicana). Ed. García, México.

- Glockner D. A. 1983. Determining the sex of Humpback whales (Megaptera novaeangliae) in their natural environment. pp. 447-464. En: R. Payne (ed.). Communication and behavior of whales. Westview Press. Boulder, Colo.
- Glockner D. A. y S. Venus. 1983. Identification, growth rate, and behavior of Humpback whale (Megaptera novaeangliae) cows and calves in the waters off Maui, Hawaii, 1977-1979. pp. 223-258. En: R. Payne (ed.). Communication and behavior of whales. Westview Press. Boulder, Colo.
- Glockner-Ferrari D.A. y M.J. Ferrari. 1984. Reproduction in Humpback whales, Megaptera novaeangliae, in Hawaiian waters. Rep. Int. Whal. Commn. (Special issue) 6:237-242.
- Hay K. 1982. Aerial line-transect estimates of abundance of Humpback, Fin, and Long-finned Pilot whales in the Newfoundland-Labrador area. Rep. Int. Whal. Commn. 32:475-486.
- Johnson J.H. y A.A. Wolman. 1984. Report on the Humpback whale under the endangered species act of 1973. Seattle, Wash.
- Katona S., B. Baxter, O. Brazier, S. Kraus, J. Perkins y H. Whitehead. 1979. Identification of Humpback whales by fluke photographs. p. 33-44. En: H.E. Winn y B. Olla (eds.). Behavior of marine animals, Vol. 3. Plenum Press, New York.

- Katona S., P. Harcourt, J.S. Perkins y S.D. Kraus. 1980. Humpback whales, a catalogue of individuals identified by fluke photographs. College of the Atlantic, Bar Harbor, Maine.
- Kraus S. y S. Katona (eds.). 1977. Humpback whales in the western North Atlantic. A catalogue of identified individuals, College of the Atlantic, Bar Harbor, Maine.
- Leatherwood S., R. R. Reeves, W.S. Perrin y W. E. Evans. 1982. Whales, dolphins and porpoises of the Eastern North Pacific and adjacent Arctic waters. A guide to their identification. NOAA Technical report. NMFS. Circular 444.
- Mate B. R. 1983. Movements and dive characteristics of a satellite monitored Humpback whale. Trabajo presentado en la V Conferencia Bienal sobre la Biología de los Mamíferos Marinos. Boston, Mass. EUA. Nov. 1983.
- Mitchel E. 1974. Present status of Northwest Atlantic Fin and other whale stock. pp. 108-169. En: W.E. Schevill (ed.). The whale problem. Harvard Univ. Press.
- Mood A.M., F.A. Graybill y D.C. Boes. 1974. Introduction to the theory of statistics. McGraw-Hill. New York.

- Nishiwaki M. 1972. General biology. pp. 3-204. En S. Ridgway (ed.). Mammals of the sea. Biology and medicine. Charles C. Thomas Publ.
- Payne R. 1976. At home with right whales. National Geographic Mag. 149:322-339.
- Payne R. y L. N. Guinee. 1983. Humpback whale (Megaptera novaeangliae) songs as an indicator of "Stocks". pp. 333-358. En R. Payne (ed.). Communication and behavior of whales. Westview press. Boulder, Colo.
- Perkins J. S., P. J. Bryant, G. Nichols y D. R. Patten. 1982. Humpback whales (Megaptera novaeangliae) off the west coast of Greenland. Can. J. Zool. 60:2921-2930.
- Pike G. C. 1953. Colour pattern of Humpback whales from the coast of British Columbia. J. Fish. Res. Bd. Can., 10:320-325.
- Rice D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. pp 170-195. En W. E. Schevill (ed.) The whale problem. Harvard Univ. Press.
- Rice D.W. y A.A. Wolman. 1982. Whale census in the Gulf of Alaska June to August 1980. Rep. Int. Whal. Commn. 32:491-497.
- Roden G. I. e I. Emilson. En prensa. Oceanografía física del Golfo de California. Proc. Six. Sci. Sym. IV. The Gulf of California: origin, evolution, waters, marine life and resources.

- Rojas B., L. 1982. Biología de los tursiones (Tursiops sp.) en las aguas adyacentes a Mazatlán, Sinaloa, México. Protocolo de Investigación. No publicado. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Rojas B., L. 1984. Presencia y distribución del Rorcual común, Blaenoptera physalus (Linnaeus, 1758) (Cetacea : Balaenopteridae) en el Golfo de California. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Ruiz L., A. J. 1977. Algunos aspectos ecológicos de Isla Isabel, Nayarit. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Schevill W. E. y R. H. Backus. 1960. Daily patrol of a Megaptera. J. Mamm. 41:279.
- Shane S. H. 1980. Occurrence, movements and distribution of a Bottlenose dolphin, Tursiops truncatus in Southern Texas, Fishery Bull. 78:593-601.
- Tomilin A. G. 1967. Mammals of the USSR and adjacent countries. Vol. IX. Cetacea. Moscow (Transl. from russian by Israel Program for Sci. Transl. Jerusalem, No. 1124).
- Urbán R., J. 1983. Taxonomía y distribución de los géneros Tursiops, Delphinus y Stenella en las aguas adyacentes a Sinaloa y Nayarit, México. (Cetacea : Delphinidae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM.

- Urbán R., J. y A. Aguayo L. En prensa. Spatial and temporal distribution of the Humpback whale, Megaptera novaeangliae, in the Pacific mexican waters. Mar. Mamm. Science.
- Watson L. 1981. Sea guide to the whales of the world. E.P. Dutton, New York.
- Wells R. S., A.B. Irvine y M. D. Scott. 1980. The social ecology of inshore odontocetes. pp. 263-317. En L.M. Herman (ed.). Cetacean behavior: Mechanism and functions. John Wiley and Sons.
- Whitehead H. 1982. Populations of Humpback whales in the Northwest Atlantic. Rep. Int. Whal. Commn. 32:345-353.
- Winn H.E. y D.W. Rice. 1978. Humpback whales in the Sea of Cortés. Hubbs-Sea World Research Institue. Currents, 2:5,7.
- Würsig B. y M. Würsig. 1979. Behavior and ecology of the Bottlenose dolphin, Tursiops truncatus, in the South Atlantic. Fish. Bull. 77:399-412.