



*Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología*  
Universidad Nacional Autónoma de México



**ABUNDANCIA Y MOVIMIENTOS DEL RORCUAL COMÚN, *Balaenoptera physalus*,  
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA**

**T E S I S**

que para obtener el grado académico de

**Maestra en Ciencias**

(Biología Marina)

p r e s e n t a

**CLAUDIA FERNANDA DÍAZ GUZMÁN**

**Director de Tesis:** Dr. Jorge Urbán Ramírez

**Comité Tutorial:** Dra. Diane Gendron

Dr. Luís Medrano

Dra. Susan Gardner

Dr. Felipe Galván

**La Paz, B.C.S., Mayo de 2006**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS	8
5. ÁREA DE ESTUDIO	9
6. MÉTODOS	12
6.1 Trabajo de campo	12
6.2 Foto-identificación	13
6.3 Selección de fotografías	14
6.4 Captura-recaptura	16
6.5 Abundancia relativa	19
6.6 Movimientos	19
7. RESULTADOS	21
7.1 Abundancia	26
7.2 Abundancia relativa	27
7.3 Movimientos	28
8. DISCUSIÓN	31
8.1 Foto-identificación	31
8.2 Abundancia y Movimientos	32
9. CONCLUSIONES	39
10. RECOMENDACIONES	40
11. LITERATURA CITADA	41
ANEXOS	45

LISTA DE FIGURAS	Página
<b>Figura 1.</b> Mapa del Golfo de California.	11
<b>Figura 2.</b> Ilustración del rorcual común en la que se puede apreciar el patrón de pigmentación típico de la especie (Ilustración de P. Folkens tomada de Aguilar <i>et al.</i> , 2002).	14
<b>Figura 3.</b> Mapa del Golfo de California con los recorridos realizados durante este estudio.	22
<b>Figura 3a.</b> Detalle de la región de las Grandes Islas con los recorridos realizados durante este estudio. Verano: BLA (rojo) y GC1 (morado); invierno: BK (verde).	23
<b>Figura 3b.</b> Detalle de la costa sur-occidental del Golfo de California con los recorridos realizados durante este estudio. Verano: GC1 (morado), LAP1 (azul); invierno: GC2 (amarillo), LAP2 (verde), LAP3 (rojo).	24
<b>Figura 4.</b> Ubicación de los avistamientos de <i>Balaenoptera physalus</i> registrados entre junio de 2004 y abril de 2005 en el Golfo de California. Las líneas rojas punteadas representan los movimientos observados entre el verano de 2004 (verde) y el invierno de 2005 (azul) y los números indican la cantidad de individuos que se desplazaron.	29

## LISTA DE TABLAS

## Página

<b>Tabla 1.</b> Esfuerzo de observación (horas) y número de rorcuales comunes registrados en cada salida realizada entre junio de 2004 y abril de 2005 (BLA: Bahía de los Ángeles, GC: costa occidental del Golfo de California, LAP: Bahía La Paz, BK: Bahía Kino).	21
<b>Tabla 2.</b> Número de rorcuales comunes fotografiados y foto-identificados durante el período de muestreo.	25
<b>Tabla 3.</b> Número de rorcuales comunes que no presentaron marcas útiles para su foto-identificación.	26
<b>Tabla 4.</b> Abundancia relativa (rorcuales comunes registrados/hora de observación) calculada para cada zona y temporada de muestreo.	27
<b>Tabla 5.</b> Abundancia relativa (rorcuales comunes registrados/hora de observación) en dos zonas del Golfo de California.	28
<b>Tabla 6.</b> Abundancia relativa (rorcuales comunes registrados/hora de observación) en las dos temporadas muestreadas.	28
<b>Tabla 7.</b> Individuos recapturados entre Verano 2004 e Invierno 2005, con la posición geográfica en la cual fueron registrados.	30
<b>Tabla 8.</b> Índices de intercambio entre las zonas muestreadas en el verano de 2004 y el invierno de 2005.	30

<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>Página</b>
<b>ANEXO A.</b> Bitácoras de navegación y avistamientos.	45
<b>ANEXO B.</b> Hoja de resultados de la estimación de abundancia obtenida a través del programa CAPTURE.	46
<b>ANEXO C.</b> Abundancia relativa (rorcuales comunes registrados/hora de observación) calculada para cada día de muestreo.	48

## INTRODUCCIÓN

El rorcual común, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus 1758), también conocido como ballena de aleta, es una especie de la Familia Balaenopteridae. Se distribuye ampliamente alrededor del mundo, aunque tiene preferencia especial por aguas templadas o frías. Se sabe, que al igual que otros balenoptéridos, migra hacia zonas de altas latitudes para alimentarse y hacia zonas de bajas latitudes para llevar a cabo sus actividades reproductivas (Aguilar, 2002)

*Balaenoptera physalus* es una de las 31 especies de cetáceos que habitan el Golfo de California (Vidal *et al.*, 1993). Son más abundantes en invierno y primavera, aunque se han registrado durante todos los meses del año, dando pie para sugerir que tienen residencia permanente en esta zona (Tershy *et al.*, 1993). Por otra parte, se han realizado estudios que revelan poca variabilidad genética (Bérubé *et al.*, 1998), además de diferencias con la población del Pacífico Norte a nivel del DNA mitocondrial y nuclear, lo que ha permitido asegurar que se trata de una población aislada (Bérubé *et al.*, 2002).

Esta población de rorcual común, es la única de mysticetos en el mundo que presenta residencia permanente en un área de las dimensiones del Golfo de California. Un caso similar se presenta en el Mar Mediterráneo, en donde existe una población residente de *B. physalus*, de aproximadamente 3500 individuos (Notarbartolo-Di-Sciara *et al.*, 2003)

A diferencia de otros miembros de su especie que deben realizar largas migraciones entre sus zonas de alimentación y reproducción, estos individuos desarrollan todas sus actividades en un área relativamente restringida, lo que los hace más accesibles para la investigación.

Este trabajo pretende estimar el tamaño de esta población así como describir sus desplazamientos entre el verano 2004 y el invierno 2005, utilizando la técnica de foto-identificación. Esta información además de ser fundamental para el conocimiento de su biología poblacional, es básica para el diseño de planes de manejo y conservación para la especie.



## RESUMEN

Estudios recientes han demostrado que en el Golfo de California reside una población aislada de *Balaenoptera physalus*. Se han identificado agregaciones de estos rorcuales en diferentes regiones del golfo durante todo el año, pero no se tiene claro su patrón de movimientos y se desconoce su abundancia actual. En este trabajo se realiza una estimación del tamaño de la población y se describen los movimientos de algunos individuos a través del golfo. Se registraron un total de 349 individuos entre el verano de 2004 y el invierno de 2005, de los cuales 223 fueron fotografiados. El 7% de los individuos no presentaron marcas evidentes que permitieran recapturas posteriores. Se foto-identificaron 171 individuos, de los cuales 13 fueron recapturas. El 85% de los desplazamientos observados se realizaron entre el Canal de Ballenas (verano) y el sur de la Isla Tiburón (invierno), lo que aporta nueva información sobre los movimientos de esta especie en el Golfo de California. Mediante dos modelos de captura-recaptura para población cerrada, se estimó un tamaño poblacional de 656 (IC= 374-938) y 659 (IC= 458-1043) rorcuales comunes en el Golfo de California.

## 2. ANTECEDENTES

La primera referencia conocida acerca de la posibilidad de una población residente de rorcual común dentro del Golfo de California fue realizada por Gilmore (1957). Posteriormente, se han llevado a cabo diversos estudios para determinar si estos rorcuales conforman una población que reside durante todo el año en esta región.

Rojas-Bracho (1984), realizó un estudio sobre la distribución de esta especie en el Golfo de California, durante varias campañas oceanográficas a bordo del B/O El Puma entre noviembre de 1981 y febrero de 1984. En este trabajo sugiere que se trata de una población residente con preferencia especial por ambientes costeros, y que se distribuye en la costa occidental del golfo durante el invierno y la primavera; en la porción central durante el otoño y en la zona del canal de ballenas durante el verano.

Simultáneamente, entre mayo de 1983 y abril de 1986, Tershy *et al.* (1990), llevaron a cabo censos y foto-identificación de balenopteridos en el área del Canal de Ballenas en el Golfo de California. En este estudio identifican cuatro especies: el rorcual tropical, *B. edeni* (160 individuos); el rorcual común, (148 individuos); la ballena minke, *B. acutorostrata* (17 individuos); y la ballena azul, *B. musculus* (9 individuos). El rorcual tropical y el rorcual común, además de ser los más abundantes, se encontraron presentes durante todos los meses del año, el primero con mayor abundancia en verano y otoño y el último en invierno y primavera.

Unos años más tarde, Tershy *et al.* (1993) hicieron una recopilación de información sobre registros de rorcual común en la costa occidental de la Península de Baja California y Golfo de

California, en la que encuentran evidencias contradictorias sobre la residencia de la población. Por una parte la ausencia de registros en la costa occidental de la península y en la parte sur del golfo, sugiere una residencia; pero por otra parte la mayor cantidad de avistamientos en las temporadas de invierno y primavera sugiere la entrada y salida de animales. Estos autores concluyen que se requiere de más estudios, particularmente genéticos y de telemetría para resolver esta incógnita.

Enríquez (1996), en un estudio sobre la distribución y movimientos de los rorcuales comunes en el Golfo de California entre febrero de 1993 y mayo de 1995, coincide con las observaciones de Rojas-Bracho (1984) acerca de los hábitos costeros del rorcual común durante el invierno y la primavera. Adicionalmente, por medio de la técnica de foto-identificación y utilizando el estimador de Bailey, Enríquez (1996) estimó un tamaño de la población de 296 (217-376) individuos.

Gerrodette y Palacios (1996), por su parte, estimaron por medio de la técnica de muestreo de distancia por transecto-lineal una abundancia de 820 (594-3,229) individuos, durante un crucero a lo largo del Golfo de California en el verano de 1993.

Bérubé *et al.* (1998; 2002), utilizando 75 muestras de piel colectadas en 1993 y 1994, encontraron que los rorcuales comunes en el Golfo de California tienen un grado de variación genética muy bajo (a nivel nuclear y mitocondrial) y que además constituyen una población aislada de la del Pacífico Norte.

Urbán *et al.* (2001) realizaron un trabajo sobre la residencia y los patrones de movimientos del rorcual común utilizando fotografías tomadas entre 1982 y 2000 en diez localidades del Golfo de California (La Paz, Loreto, Canal de Ballenas, San Luís Gonzaga, San Felipe, Puerto Peñasco, Puerto Libertad, Bahía Kino, Guaymas y Agiabampo). Encontraron que el tiempo promedio entre recapturas fue de 6.8 años y el máximo de 18. En cuanto a los movimientos, señalan que debido a las diferencias en el esfuerzo dedicado entre áreas y entre estaciones, fue difícil concluir sobre sus patrones, sin embargo encontraron movimientos entre todas las localidades.

En marzo de 2001 se colocaron transmisores satelitales a once rorcuales comunes en las bahías de Loreto y La Paz con el fin de conocer sus desplazamientos. Todos los rorcuales marcados permanecieron en el Golfo de California. La duración de la señal fue de 54.3 días en promedio para las once rorcuales. En tres de ellos se mantuvo la señal durante 115, 153 y 158 días. Se reconoció un patrón de distribución en la región de Loreto y La Paz durante la primavera y en el alto golfo y región de las grandes Islas durante el verano (Urbán *et al.*, 2005).

Por otro lado, Jaume-Schinkel (2004) con base en análisis de isótopos estables de nitrógeno y carbono de 29 muestras de piel de rorcuales comunes colectadas en dos localidades del Golfo de California entre enero de 2001 y junio de 2002, encontró que la distribución de estos rorcuales a lo largo del año, coincide con la variación de las tasas de N y C como resultado de un cambio en su dieta, hacia presas de mayor nivel trófico durante la temporada verano-otoño.

Nigenda (2005), por medio del análisis del complejo principal de histocompatibilidad de 36 muestras de piel de rorcuales comunes colectadas en diferentes localidades del Golfo de

California entre 1995 y 2005, concluye que esta población se generó a partir de un cuello de botella y que su tamaño poblacional se ha mantenido pequeño y estable históricamente.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Estudios recientes han demostrado que en el Golfo de California reside una población de rorcual común aislada y evolutivamente independiente, estas características le confieren un interés científico particular desde el punto de vista evolutivo y ecológico. Al ser residente de este mar interior, el rorcual común puede considerarse como un indicador de cambios ambientales, por lo que su monitoreo poblacional es relevante en términos de conservación y manejo adecuado de los recursos naturales del Golfo de California. El tamaño poblacional y los movimientos de estos individuos son atributos básicos para iniciar este monitoreo, además de contribuir con el conocimiento de la biología y ecología de la especie.

## 4. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Estimar el tamaño de la población de rorcual común y describir sus movimientos a través del Golfo de California.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la abundancia de rorcual común en el Golfo de California
- Calcular la abundancia relativa de rorcual común en diferentes temporadas y zonas del Golfo de California.
- Describir los movimientos observados entre el verano de 2004 y el invierno-primavera de 2005

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California ocupa una posición oceanográfica única entre los mares marginales del Océano Pacífico. Se encuentra situado entre la árida Península de Baja California al oeste y los también áridos estados de Sonora y Sinaloa en el este. Tiene aproximadamente 1000 Km de largo y 150 Km de ancho. Geológicamente se formó por la expansión de zonas de falla, por lo que presenta una batimetría muy compleja, con una serie de cuencas y trincheras que se hacen más profundas hacia el sur y que están separadas entre sí por cordilleras transversales (Álvarez-Borrego, 1983).

El golfo está separado en dos áreas por las Islas Ángel de la Guarda y Tiburón (Figura 1). La parte norte es relativamente somera y está constituida principalmente por plataforma continental, tiene una profundidad promedio de 200 m y máxima de 600 m en la cuenca Delfín. La parte sur es más profunda, con variedad de cuencas que van desde los 600 m hasta los 3000 m en la zona de la boca. Entre la Isla Ángel de la Guarda y la Península de Baja California, se encuentra el Canal de Ballenas, el cual presenta un umbral somero (450 m) que limita la circulación de agua hacia el sur; las aguas de este canal y las del norte del golfo están fuertemente mezcladas por el efecto de las mareas, lo que le da a esta región características oceanográficas muy especiales (Álvarez-Borrego, 1983; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). La estructura del agua bajo la termoclina y la distribución vertical de nutrientes en los dos tercios al sur del golfo son esencialmente similares a las del Pacífico tropical oriental. La entrada o boca es una zona de encuentro de diferentes masas de agua, tanto superficiales como de fondo, cuyos intervalos de temperatura y salinidad son diferentes. Las aguas de la corriente de California, frías y de salinidad baja que fluyen hacia el sur por la costa occidental



de Baja California; las del Pacífico oriental tropical con temperaturas y salinidad intermedias y las cálidas con mayor salinidad del Golfo de California que se forman en el extremo norte del golfo y fluyen hacia el sur, siendo las más superficiales debido a su alta temperatura. Bajo estas tres masas de agua superficiales se encuentran las aguas subsuperficiales subtropicales, las aguas intermedias del Antártico y las aguas del fondo del Pacífico (Álvarez-Borrego, 1983; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991).

El Golfo de California es un área subtropical con tasas de productividad primaria excepcionalmente altas durante la mayor parte del año (Álvarez-Borrego, 1983). La circulación general de sus aguas está caracterizada por la entrada de aguas profundas y la salida de aguas superficiales. Como consecuencia, las aguas profundas ricas en nutrientes emergen hacia la zona eufótica, donde pueden ser utilizados por el fitoplancton. En invierno y primavera se presentan surgencias en la costa oriental debido a la influencia de los vientos del noroeste; mientras que en el verano, estas ocurren en la costa occidental por los vientos de sureste (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991).

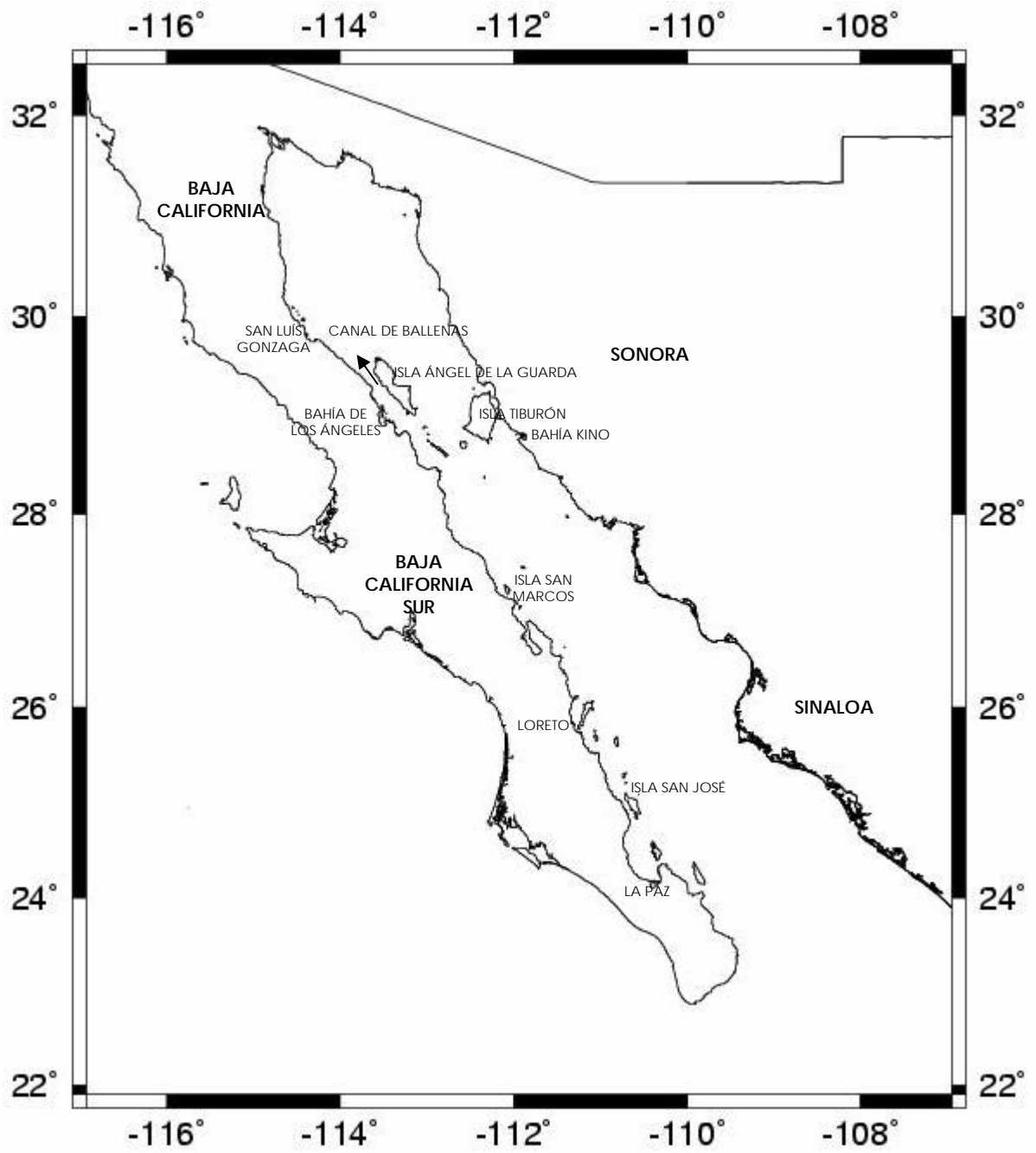


Figura 1. Mapa del Golfo de California.

## 6. MÉTODOS

### 6.1 Trabajo de Campo

El trabajo de campo se realizó durante un año, iniciando en junio de 2004 y finalizando en abril de 2005. Se realizaron navegaciones en diferentes localidades del Golfo de California, con el apoyo de miembros del Proyecto de Investigación de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, así como con la colaboración de algunos investigadores de otras instituciones.

#### Verano 2004

Durante los meses de junio y julio se realizaron salidas diarias en embarcaciones menores, en el área comprendida entre Bahía de Los Ángeles, B.C.N. y la Isla Ángel de la Guarda (en el resto del texto se hará referencia a esta salida como BLA) (Figura 1). En el mes de agosto, se llevó a cabo un crucero a lo largo de la costa occidental del Golfo de California, desde Bahía de La Paz, B.C.S. hasta San Luís Gonzaga, B.C.N. (Figura 1), a bordo de una embarcación mediana de 5.5 metros de altura (en el resto del texto se hará referencia a este crucero como GC1). Por último, en el mes de septiembre, se realizó una salida en una embarcación menor durante tres días en la Bahía de La Paz, B.C.S. (en el resto del texto se hará referencia a esta salida como LAP1)

#### Invierno y Primavera 2005

Al igual que en el verano de 2004, en esta temporada se dedicó esfuerzo de observación utilizando embarcaciones menores y otras de mayor tamaño.

Se realizaron navegaciones diarias en una embarcación menor durante los meses de enero y febrero en el área comprendida entre Bahía Kino, Son. y el sur de la Isla Tiburón (en el resto del texto se hará referencia a esta salida como BK); y dos salidas de tres días cada una, en marzo y abril, alrededor de Bahía de La Paz, B.C.S (en el resto del texto se hará referencia a estas salidas como LAP2 y LAP3). Por otro lado, en el mes de abril se realizó un crucero desde la Bahía de La Paz, B.C.S. hasta Loreto, B.C.S., en una embarcación mediana de 2.7 m de altura (en el resto del texto se hará referencia a este crucero como GC2).

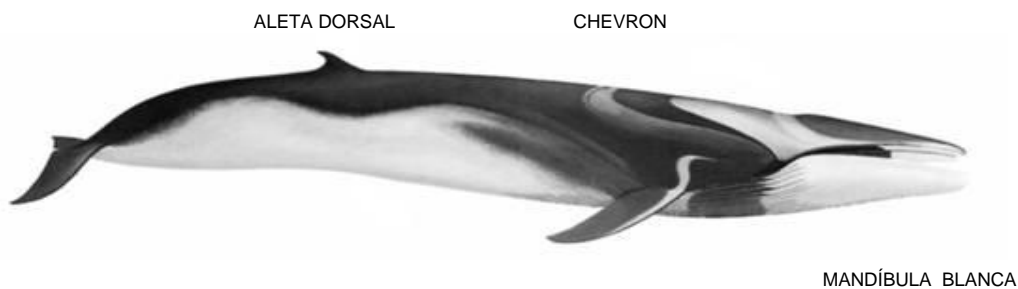
Para todas las salidas de campo se contó con un mínimo de tres observadores quienes realizaban guardias continuas en busca de rorcuales comunes y otros cetáceos. En una Bitácora General (Anexo A), se registraban cada 30 minutos, la hora, la posición geográfica (tomada con un Geo-posicionador Satelital Garmin 76) y las condiciones ambientales (Beaufort, nubosidad, dirección del viento y visibilidad). Por otra parte, durante cada avistamiento se llevaba registro del trabajo realizado con el grupo de rorcuales bajo observación en una Bitácora de Avistamientos (Anexo A). Toda esta información se capturó en una base de datos utilizando el programa Acces 2.0 para Windows.

## **6.2 Foto-identificación**

Para cumplir con los dos objetivos de este trabajo, se utilizó la técnica de foto-identificación, la cual consiste en el reconocimiento de individuos por medio de fotografías. Al trabajar con rorcual común se debe considerar la forma de la aleta dorsal, así como cicatrices y muescas presentes en ellas. También se utilizan patrones de pigmentación en su cuerpo, como el chevron (Figura 2). Con respecto a la aleta dorsal, es importante resaltar que su forma cambia dependiendo del ángulo en el que se tomen las fotografías, por lo cual es imprescindible que

éstas sean tomadas manteniendo la cámara perpendicular al costado de la ballena (Agler *et al.*, 1990).

Siempre que fuera posible, se fotografiaban los dos lados de la aleta dorsal, así como el chevron, sin embargo, en las ocasiones en que las condiciones solo permitían una fotografía, se estableció preferencia por el derecho. La asimetría en la pigmentación de la mandíbula es un rasgo particular de *B. physalus*, el color blanco de su lado derecho (Figura 2) facilita la identificación de la especie, por lo que durante el trabajo de campo, este lado tuvo prioridad sobre el izquierdo. La información correspondiente a cada ballena fotografiada, junto con la de la cámara (tipo y referencia), rollo (si es el caso) y número de exposiciones, era registrada en la Bitácora de Avistamientos (Anexo A).



**Figura 2.** Ilustración del rorcual común en la que se puede apreciar el patrón de pigmentación típico de la especie (Ilustración de P. Folkens tomada de Aguilar, 2002).

### 6.3 Selección de fotografías

Las fotografías fueron editadas con el programa ACDSee 7.0, e impresas en papel fotográfico para ser evaluadas por su calidad y posteriormente ser seleccionadas para la comparación. Se utilizaron las fotografías de la aleta dorsal, tanto del lado derecho como del izquierdo.

Cuando se trabaja con métodos de captura-recaptura, la forma en que se seleccionan las fotografías es esencial para la obtención de resultados confiables. Hammond (1986) recomienda prestar atención sobre dos aspectos principalmente: la calidad de las fotografías y la factibilidad de reconocimiento de cada individuo.

Para evaluar la calidad de las fotografías, se calificaron de 1 a 5 las siguientes características: ángulo, porción del cuerpo fotografiado junto con la aleta dorsal, iluminación y enfoque; siendo 1 la mejor calidad y 5 la peor (Agler *et al.*, 1990; Friday *et al.*, 2000; Calambokidis *et al.*, 2001). Al final, se sumaron los puntajes obtenidos por cada una y se excluyeron aquellas que resultaran con 12 puntos o más y aquellas que hubieran sido calificadas con 5 en al menos una característica.

Una vez seleccionadas las fotografías de mejor calidad, se revisaron nuevamente para elegir exclusivamente aquellas que permitieran identificar a los individuos con base en las marcas de su cuerpo. Los individuos sin marcas evidentes, no se consideraron como “foto-identificados”, por lo que se excluyeron de la muestra con la cual se estimó la abundancia. Los valores estimados representan sólo un porcentaje de la población y deben ser corregidos para incluir la porción de rorcuales “no marcados”, ya que ellos también forman parte de la población y deben ser contemplados. Este procedimiento según Hammond (1986) no afecta el resultado.

Finalmente, con estas fotografías se realizó la comparación que dio lugar a este trabajo y se espera próximamente su incorporación al catálogo de *B. physalus* del Proyecto Investigación de Mamíferos Marinos de la UABCS.

#### 6.4 Captura-recaptura.

Se estimó la abundancia con base en modelos de captura-recaptura. Estos consisten en la captura de individuos durante un muestreo inicial para ser marcados, ya sea modificando su apariencia física o fotografiando marcas naturales en su cuerpo, con el fin de ser identificados en capturas posteriores. Existe una serie de métodos a través de los cuales se puede analizar la información obtenida en este tipo de estudios, el *Estimador de Petersen* es la forma más simple y la base para un gran número de ellos. Se fundamenta en el supuesto de que “la proporción de animales marcados que son recapturados, es equivalente a la proporción de animales marcados de la población total” (Seber, 1982), por lo tanto:

$$\frac{m_2}{n_2} = \frac{n_1}{N} \quad \text{Y} \quad \hat{N} = \frac{n_1 n_2}{m_2}$$

Donde,

- $n_1$  número de animales fotografiados en la primera muestra,
- $n_2$  número de animales fotografiados en la segunda muestra
- $m_2$  número de animales recapturados

Para utilizar este modelo es necesario el cumplimiento de los siguientes supuestos (Seber, 1982):

1. La población es cerrada
2. Todos los animales tienen la misma probabilidad de ser capturados
3. El marcaje no afecta la probabilidad de captura de un animal
4. Los muestreos son aleatorios

5. Los animales no pierden sus marcas
6. Todas las muestras son registradas en la recaptura

A partir de este estimador se han generado una serie de modificaciones que ayudan a reducir sesgos en diferentes situaciones. En este trabajo se utilizó la modificación de Chapman para muestreos sin reemplazo, ya que se ignoraron las recapturas múltiples del mismo individuo (Seber, 1982; Calambokidis *et al.*, 1988; Friday *et al.*, 1997). La ecuación de este estimador es la siguiente:

$$N = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{m_2 + 1} - 1$$

Adicionalmente, se calculó la varianza de la estimación ( $V$ ), así como los intervalos de confianza al 95%, de la siguiente manera (Seber, 1982):

$$V = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)(n_1 - m_2)(n_2 - m_2)}{(m_2 + 1)^2(m_2 + 2)} \quad N \pm 1.96\sqrt{V}$$

Paralelamente y para tener un elemento de comparación, se estimó el tamaño de esta población utilizando el modelo  $M_t$  del programa CAPTURE, el cual está basado en el estimador de Schnabel (1938) para recapturas múltiples, con la modificación de Darroch (1958). Este estimador permite cambios en la probabilidad de captura debido a variaciones temporales. Su ecuación es la siguiente (Seber, 1982; Pollock *et al.*, 1990):



$$f(\{a_w\}/\{n_i\}) = \frac{N!}{\prod_w a_w!(N-r)!} \prod_{i=1}^s \left(\frac{N}{n_i}\right)^{-1}$$

Donde,

$N$  tamaño poblacional estimado

$s$  número de muestras

$n_i$  número de animales en la muestra  $i$

$r$  número de animales diferentes capturados durante el experimento

La varianza, sesgo y los intervalos de confianza se calculan así (Seber, 1982):

$$v[N] = \left[ \frac{1}{\hat{N}-r} + \frac{s-1}{\hat{N}} - \sum \left( \frac{1}{\hat{N}-n_i} \right) \right]$$

$$\hat{b} = \frac{\left[ \frac{s-1}{\hat{N}} - \sum \left( \frac{1}{\hat{N}-n_i} \right) \right]^2 + \left[ \frac{s-1}{\hat{N}^2} - \sum \left( \frac{1}{\hat{N}-n_i} \right)^2 \right]}{s \left[ \frac{1}{\hat{N}-n_i} + \frac{s-1}{\hat{N}} - \sum \left( \frac{1}{\hat{N}-n_i} \right) \right]^2}$$

$$\hat{N} - \hat{b} \pm 1.96 \sqrt{v(\hat{N})}$$

Se realizaron tres estimaciones, dos de ellas aplicando los estimadores de Chapman y Darroch a los individuos foto-identificados a partir del lado derecho; y una tercera, aplicando el estimador de Chapman a los individuos foto-identificados a partir del lado izquierdo. No se aplicó el estimador de Darroch al lado izquierdo, ya que no se foto-identificaron suficientes individuos para utilizar este estimador de muestras múltiples.

## 6.5 Abundancia Relativa

Se calculó el índice de abundancia relativa dividiendo el número de individuos registrados entre el tiempo de observación (horas). Esto se realizó con el fin de comparar la cantidad de individuos registrados entre las temporadas y las zonas muestreadas. Se denominó zona norte a las localidades navegadas alrededor de las Grandes Islas y zona sur al área entre Loreto y La Paz. Las diferencias entre estos índices fueron verificadas por medio de la prueba de suma de rangos de Mann-Whitney, usando el programa SigmaStat 3.1. La información colectada desde los tres tipos de plataforma utilizada, fue normalizada de acuerdo con la distancia observada desde cada una, en millas náuticas. La ecuación fue tomada de Bowditch (1995):

$$D = 2.07\sqrt{h_m}$$

Donde,

$D$  es la distancia que se quiere determinar

$h_m$  es la altura de la plataforma de observación

## 6.6 Movimientos

Para detectar movimientos individuales de los rorcuales, se compararon fotografías tomadas en diferentes regiones del golfo durante el verano de 2004 y el invierno y primavera de 2005. Las posiciones de los individuos recapturados fueron ubicadas en un mapa del Golfo de California utilizando el programa ArcView GIS 3.2.

Adicionalmente, se calculó el Índice de intercambio (I), para evaluar la cantidad de movimiento de los rorcuales entre las regiones muestreadas. Este índice es el inverso del estimador de

Petersen y ha sido usado en diversos estudios realizados en con otros cetáceos (Calambokidis *et al.*, 2001; Urbán *et al.*, 2001).

$$I = (m_2 / (n_1 * n_2)) * 1000$$

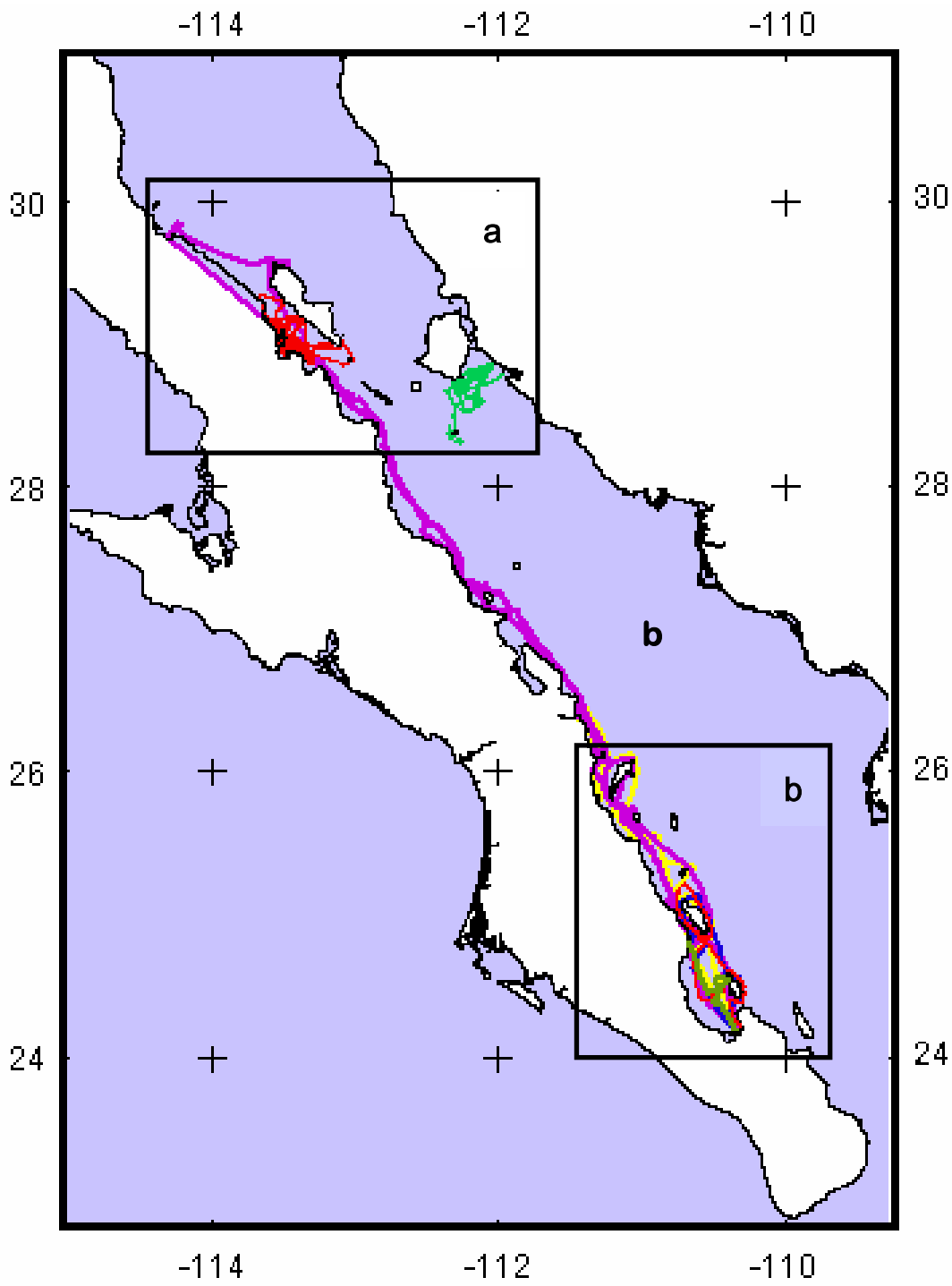
## 7. RESULTADOS

Se dedicaron aproximadamente 501 horas de observación entre junio de 2004 y abril de 2005 en salidas realizadas en diferentes localidades del Golfo de California. Durante este tiempo, se registraron 349 rorcuales comunes, de los cuales 223 fueron fotografiados. En la Tabla 1 se presenta la información sobre el esfuerzo de observación dedicado en cada salida y el número de individuos registrados, asimismo en las Figuras 3, 3a y 3b se pueden observar los recorridos realizados en cada una de ellas.

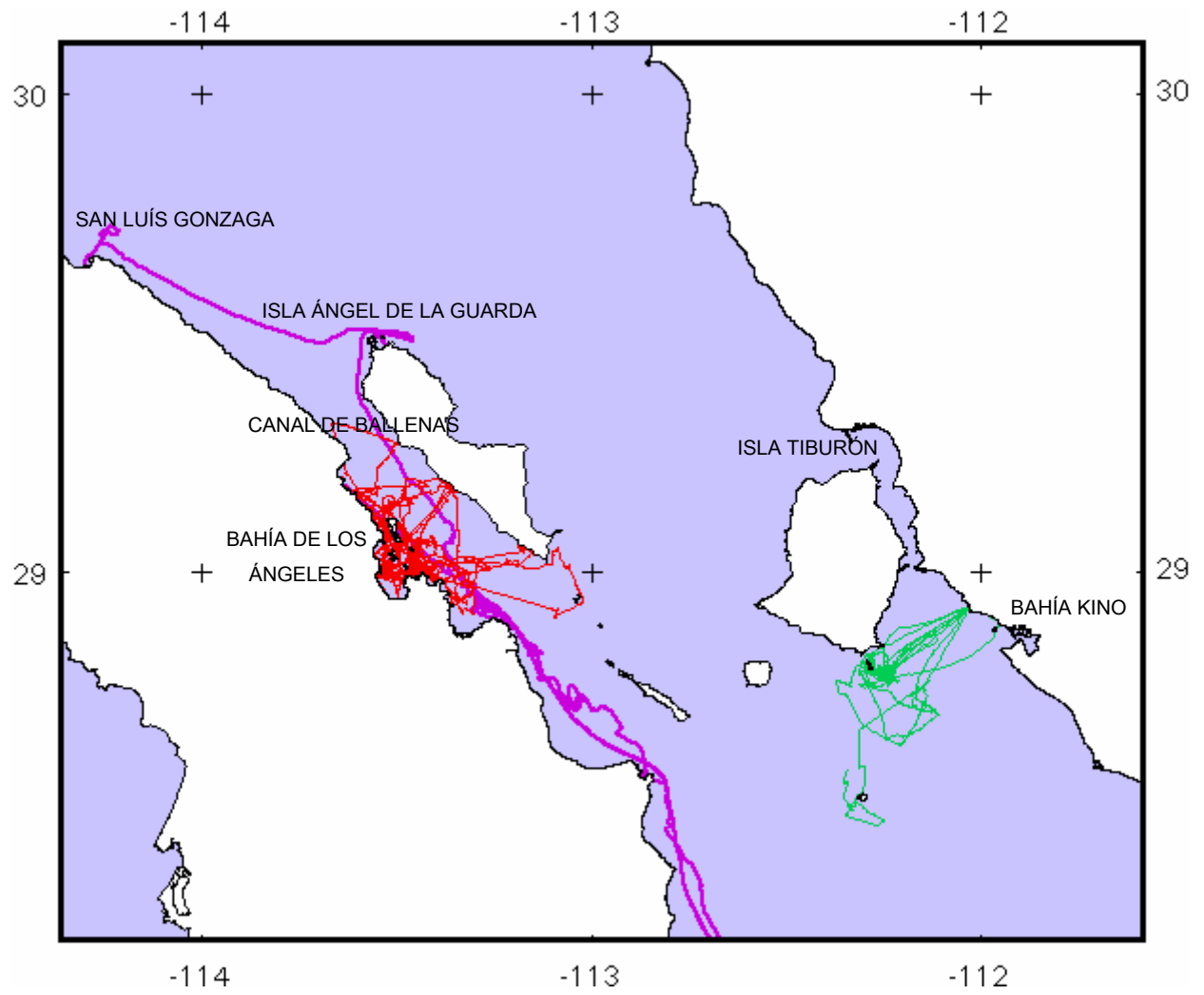
Adicionalmente, se contó con fotografías de 8 individuos observados fuera de este esfuerzo: cinco de ellos registrados por la Dra. Diane Gendron (CICIMAR-IPN) y tres por participantes del Proyecto de Investigación de Mamíferos Marinos de la UABCS.

**Tabla 1.** Esfuerzo de observación (horas) y número de rorcuales comunes registrados en cada salida realizada entre junio de 2004 y abril de 2005 (BLA: Bahía de los Ángeles, GC: costa occidental del Golfo de California, LAP: Bahía La Paz, BK: Bahía Kino)

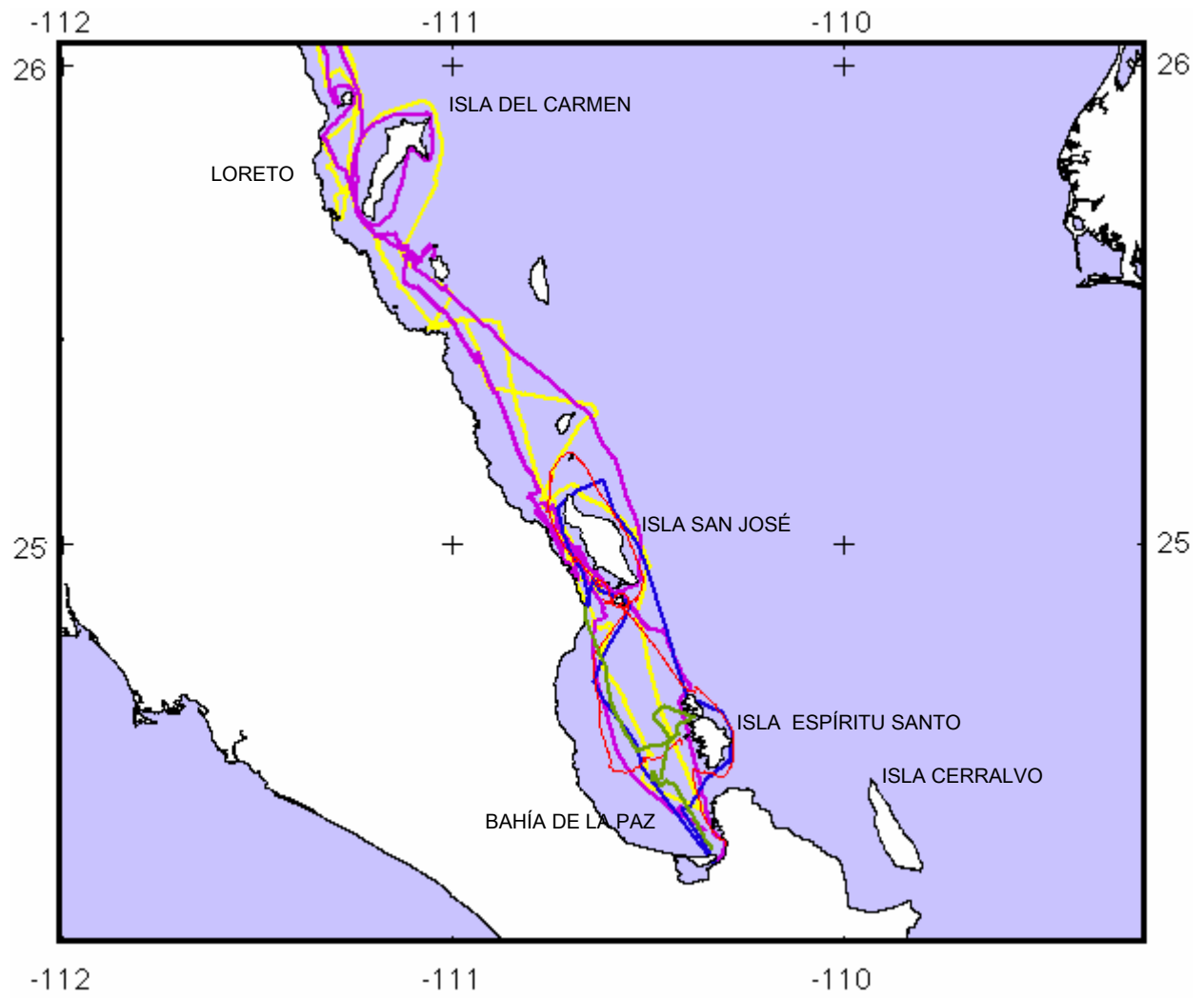
TEMPORADA	FECHA	LUGAR	ESFUERZO	REGISTRADOS
VERANO 2004	13JUN - 13JUL	BLA	173.02	177
	AGO (2-16)	GC1	131.92	27
	SEPT (11-13)	LAP1	16.15	0
INVIERNO - PRIMAVERA 2005	23ENE - 3FEB	BK	63.75	143
	MAR (19-21)	LAP2	33.47	1
	ABR (6-12)	GC2	56.92	1
	ABR (14-16)	LAP3	25.82	0
<b>TOTAL</b>			501.04	349



**Figura 3.** Mapa del Golfo de California con los recorridos realizados durante este estudio.



**Figura 3a** . Detalle de la región de las Grandes Islas con los recorridos realizados durante este estudio. Verano: BLA (rojo) y GC1 (morado); Invierno: BK (verde).



**Figura 3b.** Detalle de la costa sur-occidental del Golfo de California con los recorridos realizados durante este estudio. Verano: GC1 (morado), LAP1 (azul); Invierno: GC2 (amarillo), LAP2 (verde), LAP3 (rojo)

La mayor parte de la información obtenida en este trabajo, fue lograda durante las salidas BLA (verano) y BK (invierno). Durante el crucero GC1 (verano), la mayoría de los individuos se registró en el canal de ballenas y muy pocos en la costa sur occidental del golfo, al igual que en el crucero GC2 (invierno) en el que a pesar de haber dedicado todo el esfuerzo sobre esta área, tampoco se observaron muchos individuos.

En total se obtuvieron fotografías del lado derecho de la dorsal de 219 individuos, del lado izquierdo de 167 (Tabla 2) y del chevron de 102 individuos. En 159 individuos se logró obtener los dos lados de la dorsal y de ellos, a 89 se les fotografió también el chevron.

**Tabla 2.** Número de rorcuales comunes fotografiados y foto-identificados durante el período de muestreo

	LADO DERECHO		LADO IZQUIERDO	
	FOTOGRAFIADOS	FOTO-IDENTIFICADOS	FOTOGRAFIADOS	FOTO-IDENTIFICADOS
<b>VERANO 2004</b>	129	102	117	89
<b>INVIERNO 2005</b>	90	82	50	41
Total	219	184	168	130

La evaluación de la calidad de las fotografías resultó en la selección de 198 dorsales derechas y 133 dorsales izquierdas, las cuales fueron revisadas para escoger exclusivamente las foto-identificadas. Se encontró que gran parte de las manchas observadas en el cuerpo de estos rorcuales, variaban en pocos días por lo que no eran útiles para su foto-identificación. Los balanos (*Xenobalanus globicipitis* Balanidae:Cirripeda) observados en la aleta dorsal de muchos rorcuales comunes, resultaron ser de gran ayuda para su identificación a corto plazo. Su número y posición permanecían constantes durante cada temporada, por lo que sirvieron de apoyo en las comparaciones. De los trece individuos recapturados sólo uno presentó pérdida parcial de los balanos. Se encontró un sólo rorcual con cicatrices adquiridas entre los



muestreos; el individuo fue fotografiado por primera vez en agosto y cinco meses después fue fotografiado con marcas nuevas en su aleta dorsal.

Catorce rorcuales comunes (7%) no presentaron ninguna marca en su lado derecho que facilitara su reconocimiento en futuras recapturas (Tabla 3), lo que dio como resultado un total de 171 individuos foto-identificados: 102 en el verano, 82 en el invierno y 13 recapturas entre los dos (Tabla 2).

Con el lado izquierdo de las dorsales se encontró que 11 (8%) Individuos no presentaban marcas (Tabla 3), lo que dio como resultado 124 individuos foto-identificados: 89 en verano, 41 en invierno y 6 recapturas (Tabla 2).

**Tabla 3.** Número de rorcuales comunes que no presentaron marcas útiles para su foto-identificación

	LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO
<b>VERANO 2004</b>	11	8
<b>INVIERNO 2005</b>	3	3
Total	14	11

## 7.1 Abundancia

Aplicando el estimador modificado de Chapman a las fotografías del lado derecho de las dorsales, se obtuvo un total de 610 (ES= 133, IC= 348-872) rorcuales comunes. Esta estimación corresponde al 93% de la población, por lo que al referirse a la abundancia de la población es indispensable tener en cuenta el porcentaje de rorcuales no marcados, y corregir esta estimación, con lo que se obtuvo un total de 656 (IC= 374-938) individuos. De la misma forma, aplicando este estimador a las fotografías del lado izquierdo, se obtuvo un total de 539 (ES= 167, IC= 211-867) rorcuales comunes marcados y 586 (229-942) de la población total.

Por otro lado, utilizando el estimador de Darroch (1958) (Anexo B) con las fotografías del lado derecho, se obtuvo un total de 613 (ES= 127, IC= 426-970) individuos marcados y 659 (458-1043) de la población total.

## 7.2 Abundancia Relativa

Los índices de abundancia relativa calculados para cada día de observación, no se ajustaron a una distribución normal (Kolmogorov-Smirnov K-S-Dist=0.257  $p < 0.001$ ) por lo que se utilizó la prueba de Mann-Whitney para verificar las diferencias encontradas.

No se encontraron diferencias significativas ( $T=695.5$ ,  $P=0.109$ ) en el número de individuos registrados entre el verano y el invierno (Tabla 4 y 6; Anexo C). Por lo que se puede señalar que los rorcuales comunes fueron igualmente abundantes en las dos temporadas muestreadas.

Se registró un mayor número de rorcuales comunes en el norte del golfo, durante las dos temporadas de muestreo, la diferencia entre esta zona y la sur fue significativa ( $T=462.5$ ,  $P < 0.001$ ) (Tablas 4 y 5; Anexo C).

**Tabla 4.** Abundancia relativa (rorcuales comunes registrados/hora de observación) calculada para cada zona y temporada de muestreo

TEMPORADA	ZONA	ESFUERZO	INDIVIDUOS REGISTRADOS	ABUNDANCIA RELATIVA
VERANO	NORTE	228.30	194	0.85
	SUR	92.78	2	0.02
INVIERNO	NORTE	63.75	143	2.24
	SUR	116.20	3	0.02

**Tabla 5.** Abundancia relativa (rorcuales comunes registrados/hora de observación) en dos zonas del Golfo de California

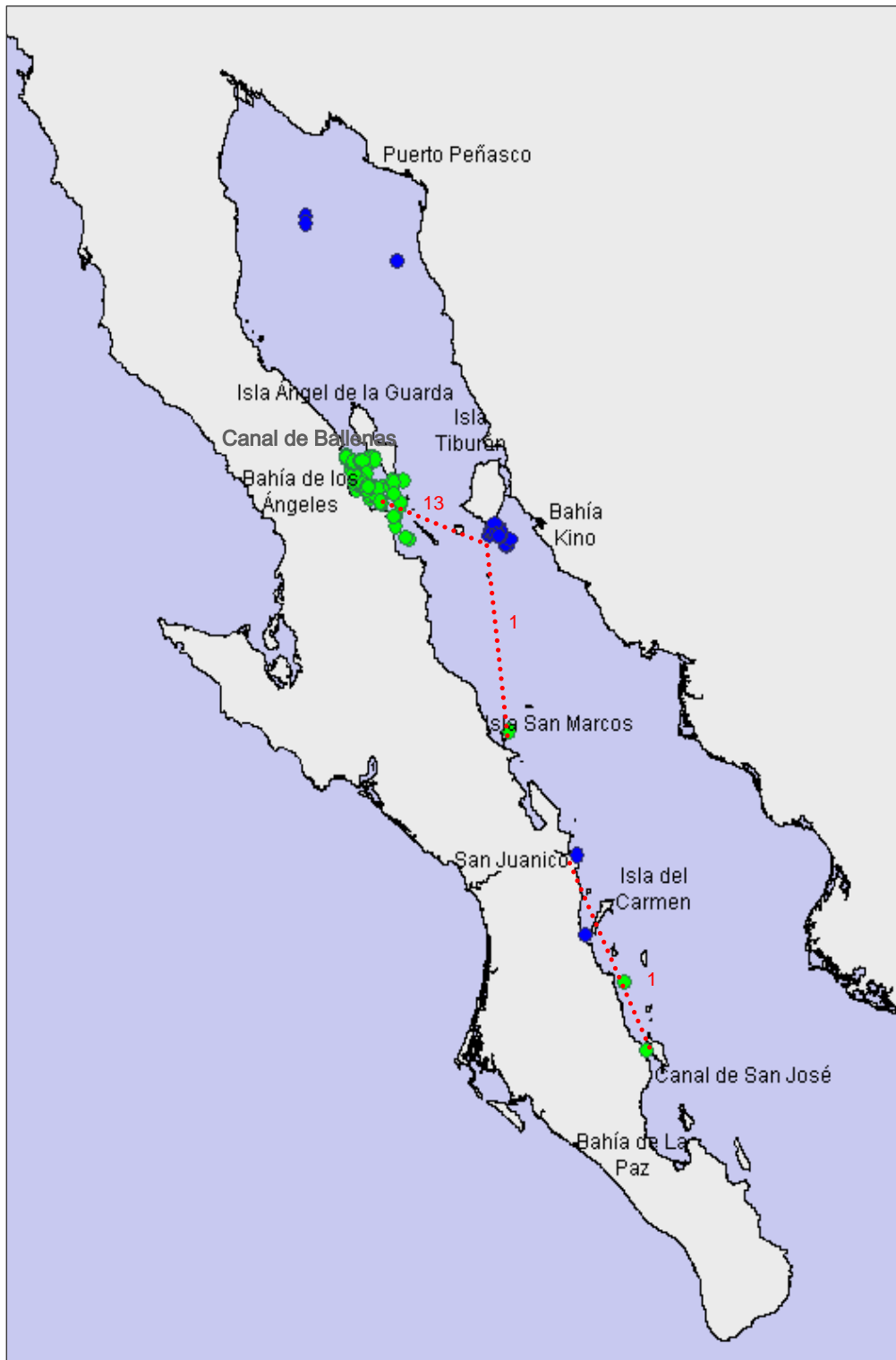
	<b>ESFUERZO</b>	<b>INDIVIDUOS REGISTRADOS</b>	<b>ABUNDANCIA RELATIVA</b>
<b>NORTE</b>	292.05	337	1.15
<b>SUR</b>	208.99	5	0.03

**Tabla 6.** Abundancia relativa (rorcuales comunes registrados/hora de observación) en las dos temporadas muestreadas

	<b>ESFUERZO</b>	<b>INDIVIDUOS REGISTRADOS</b>	<b>ABUNDANCIA RELATIVA</b>
<b>VERANO</b>	321.08	196	0.61
<b>INVIERNO</b>	179.95	146	0.81

### 7.3 Movimientos

Se observaron 13 individuos que se movieron entre el Canal de Ballenas (verano) y el sur de la Isla Tiburón (invierno); uno que se movió entre la Isla San Marcos (verano) y el sur de la Isla Tiburón (invierno) y otro que se movió entre el Canal de San José (verano) y San Juanico (primavera) (Figura 4, Tabla 7).



**Figura 4.** Ubicación de los avistamientos de *Balaenoptera physalus* registrados entre junio de 2004 y abril de 2005 en el Golfo de California. Las líneas rojas punteadas representan los movimientos observados entre el verano de 2004 (verde) y el invierno de 2005 (azul) y los números la cantidad de individuos que se desplazaron.

**Tabla 7.** Individuos recapturados entre Verano 2004 e Invierno 2005, con la posición geográfica en la cual fueron registrados.

NUMERO	FECHA	POSICIÓN	FECHA	POSICIÓN
55	14 junio	N28.93353 W113.48313	27 enero	N28.70877 W112.29611
4	16 junio	N28.98579 W113.45644	28 enero	N28.70656 W112.26180
13	20 junio	N28.98102 W113.59774	28 enero	N28.70750 W112.24413
41	26 junio	N28.91323 W113.35118	27 enero	N28.70877 W112.29611
22	4 julio	N29.05212 W113.41300	27 enero	N28.70321 W112.26838
92	4 julio	N28.94263 W113.38887	28 enero	N28.70535 W112.22464
64	5 julio	N28.96780 W113.40473	25 enero	N28.68237 W112.24245
32	7 julio	N28.99104 W113.46603	25 enero	N28.67038 W112.23449
94	8 julio	N28.91789 W113.32625	27 enero	N28.69967 W112.28449
102	10 julio	N28.94115 W113.40410	25 enero	N28.68527 W112.22417
30	10 julio	N29.01100 W113.17440	28 enero	N28.69400 W112.23800
118	2 agosto	N24.97587 W110.72088	9 abril	N26.37800 W111.40031
120	7 agosto	N28.61000 W113.03400	27 enero	N28.70321 W112.26838
110	12 agosto	N28.95917 W113.38198	24 enero	N28.72637 W112.22581
126	14 agosto	N27.25422 W112.04430	27 enero	N28.69287 W112.31336

Al calcular el Índice de intercambio, se obtuvo una mayor proporción de individuos que se movieron dentro el sur del golfo, que entre el sur y las dos regiones muestreadas en el norte (Bahía de los Ángeles y Bahía Kino) (Tabla 8)

**Tabla 8.** Índices de intercambio entre las zonas muestreadas en el verano de 2004 y el invierno de 2005

Verano / Invierno	BLA	BK	SUR
BLA	-	0.002	0.000
BK	-	-	-
SUR	-	0.006	0.500

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1 Foto-identificación

La estimación de abundancia de este trabajo se basa en la técnica de foto-identificación, por lo que es importante considerar la certidumbre que se tiene acerca de la posibilidad de reconocer a los individuos con base en fotografías de su región dorsal, incluida la aleta dorsal.

Hasta el momento no se conoce ningún estudio acerca del origen o la duración de los balanos, muescas, y otras marcas presentes en la aleta dorsal del rorcual común, frecuentemente utilizadas en foto-identificación, sin embargo, Agler *et al.* (1990) y Urbán *et al.* (2001) pudieron re-identificar individuos hasta con 14 y 18 años de diferencia (respectivamente) utilizando muescas, cicatrices, patrones de pigmentación y forma de aleta dorsal. En el presente trabajo, se encontró un individuo con cicatrices adquiridas en un lapso de cinco meses, las cuales se cree que fueron causadas por mordedura de orca, de acuerdo con la descripción de George *et al.* (1994). En los demás rorcuales, las cicatrices fueron un elemento muy útil en la identificación. El corto lapso presente entre los muestreos de este trabajo, permite asumir que las marcas encontradas aquí son suficientemente estables y por lo tanto, útiles como elemento de comparación.

A diferencia de las características de la aleta dorsal mencionadas anteriormente, la mayoría de las manchas observadas en el cuerpo de estos rorcuales no fueron útiles para su identificación, ya que su ubicación, forma y tamaño variaban hasta con un par de días de diferencia, lo cual concuerda con la descripción del proceso de descamación de la piel en la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), hecha por Ugalde de la Cruz (2005).

## 8.2 Abundancia y Movimientos

Con respecto a los métodos de captura-recaptura, Seber (1982) advierte que una subestimación en el tamaño poblacional puede ser producida por heterogeneidad en la probabilidad de captura, la cual puede darse en cualquier fase del estudio, desde la toma de muestras, hasta su procesamiento. Uno de los puntos cruciales es la selección de las fotografías, Friday *et al.* (1997) aseguran que el diseño de una metodología de selección que sea estructurada y repetible, en lugar de una basada en la intuición, es indispensable para lograr resultados precisos, sin importar la experiencia de los observadores. En el desarrollo de este trabajo, se procuró que el proceso de foto-identificación fuera muy riguroso desde el comienzo para disminuir posibles sesgos. Un punto a favor, fue la implementación de la fotografía digital, que además de facilitar la obtención de mejores tomas, permitió la edición de las imágenes.

En la mayoría de los estudios que se hacen con animales en su ambiente natural, la igualdad en la probabilidad de captura es el supuesto más difícil de lograr, esto ha generado modificaciones en los estimadores básicos como el de Petersen, para que se pueda permitir su relajación. Existen diferentes fuentes de variación en la probabilidad de captura. Una de ellas, son los factores que puedan afectar a la población, de manera diferente durante las temporadas de muestreo (e.g. clima, esfuerzo, métodos de captura), de acuerdo con Otis *et al.* (1978) el estimador de Darroch (1958), es el apropiado para estos casos. Teniendo en cuenta que los muestreos fueron organizados en dos estaciones, verano e invierno, es posible que existan diferencias en la probabilidad de captura, debido a cambios inherentes a la actividad que realicen los individuos en cada una (e.g. comportamiento u organización de los individuos). Los misticetos en general, tienden a dividir sus áreas de alimentación y reproducción buscando

las condiciones óptimas para llevar a cabo cada una de estas actividades. En el caso del rorcual común, especialmente del hemisferio norte, no se han identificado estas áreas de manera tan diferenciada, por el contrario existe evidencia de que algunos individuos permanecen en una misma área durante todo el año, como son los casos de la población del Mar Mediterráneo (Leatherwood *et al.*, 1988) y la del presente estudio en el Golfo de California (Tershy *et al.*, 1990; Urbán *et al.*, 2005). Sobre su sistema de reproducción es muy poco lo que se conoce, sin embargo se sabe que para algunas poblaciones de rorcual común el invierno es la época de apareamiento, al igual que para otros balenoptéridos (Aguilar, 2002; Croll *et al.*, 2002). La información sobre su alimentación, es mucho más completa, se ha encontrado que en el golfo su dieta varía estacionalmente, estando compuesta por eufáusidos en invierno y por presas de mayor nivel trófico, posiblemente sardinas, en verano (Jaume-Schinkel, 2004).

Además de las mencionadas hasta el momento, los estimadores de abundancia utilizados en este trabajo, suponen el cumplimiento de otras condiciones. Una de ellas es que la población estudiada sea cerrada, tanto demográficamente (nacimiento y muerte), como geográficamente (inmigración y emigración).

El ciclo de vida del rorcual común es de 80 años aproximadamente y las hembras tienen en promedio una cría cada dos o tres años (Reeves *et al.*, 2002). No se tiene información sobre las tasas de natalidad y mortalidad de esta especie en el Golfo de California, sin embargo se ha reportado que las crías representan el 5% de la población (Enríquez, 1996). Hasta el momento, no se conoce ningún factor que afecte negativamente a esta población, amenazas actuales como la captura incidental en redes de pesca y la colisión con embarcaciones, no se conocen o se presentan muy poco en estos individuos (Guerrero, 2005). Su único depredador



es la Orca (*Orcinus orca*) (Aguilar, 2002) y aunque existen algunos reportes de persecuciones y ataques a algunos rorcuales en el golfo, estos no son muy comunes (Vidal y Pechter, 1989).

Con respecto a la entrada y salida de individuos, se conocen varios trabajos cuyas conclusiones sustentan la idea de que esta población de rorcual común es residente del Golfo de California. Por un lado, sus avistamientos continuos en diferentes épocas del año (Tershy *et al.*, 1990); por otro, la ausencia de registros en la boca del golfo y en la costa occidental de la Península de Baja California (Tershy *et al.*, 1993); y finalmente, el bajo grado de diversidad genética (a nivel nuclear y mitocondrial) y el aislamiento encontrado por Bérubé *et al.* (1998). Ninguno de estos trabajos descarta completamente la posibilidad de que exista salida o ingreso de algunos individuos al golfo a mediano y largo plazo, sin embargo, en un período de un año las posibilidades se consideran mínimas.

Teniendo en cuenta que no se obtuvieron datos de las dos temporadas, en cada una de las localidades muestreadas (norte y sur), es importante señalar que se observó un patrón de distribución y movimientos inesperado. Estudios previos sobre la distribución y movimientos de *B. physalus* en el Golfo de California, han encontrado que estos individuos tienden a agregarse en la costa sur-occidental del golfo, durante el invierno, a diferencia del verano, cuando lo hacen alrededor de las Grandes Islas (Rojas-Bracho, 1984; Enríquez, 1996; Urbán *et al.*, 2005). Contrario a esto, y a pesar del esfuerzo dedicado, se registraron muy pocos individuos en el sur del golfo durante las dos temporadas (Tabla 4), sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que las fechas en que se realizaron los muestreos en esta zona, no hayan coincidido con la presencia de rorcuales comunes.

A pesar de que la distribución estacional de esta población no coincidió con lo reportado previamente, se confirmó la preferencia que tiene *B. physalus* por el área que rodea las grandes islas, como había sido señalado anteriormente por Rojas-Bracho (1984); Enríquez (1996) y Urbán *et al.* (2005).

Los movimientos del rorcual común dentro del Golfo de California, se han asociado a las variaciones en sus hábitos alimentarios, mencionadas anteriormente. *Balaenoptera physalus* se conoce como una especie generalista que se alimenta desde eufáusidos hasta peces y en ocasiones calamares según su necesidad o disponibilidad (Aguilar, 2002). Mediante análisis de heces fecales (Del Ángel-Rodríguez, 1997) así como de isótopos estables (Gendron *et al.*, 2001), se determinó que en el Golfo de California, su alimentación consta principalmente del eufáusido *Nyctiphanes simplex* durante el invierno. Posteriormente, a través de otro estudio de isótopos estables en piel, Jaume-Schinkel (2004) encontró que durante el verano su presa cambia, hacia una de mayor nivel trófico, probablemente la sardina *Sardinops sagax*. Esto coincide con los picos de abundancia de estas dos especies en el Golfo de California.

Solamente en la costa sur-occidental del Golfo de California, puede hacerse un análisis de variación estacional, en el cual se observa una consistencia en la abundancia relativa de rorcuales comunes, entre el verano de 2004 y el invierno de 2005 (Tabla 4). Estos valores, son más bajos que los encontrados en Bahía de los Ángeles y Bahía Kino, durante el verano y el invierno, respectivamente (Tabla 4). En el supuesto de que la población de rorcuales comunes en el Golfo de California se encuentra aislada, estos valores indican, que estos individuos se agregaron principalmente, en la zona norte durante el período estudiado. Los movimientos de rorcuales entre verano e invierno registrados mediante foto-identificación son consistentes con

lo anterior, al haber mayor cantidad de movimientos entre Bahía de los Ángeles y Bahía Kino (Figura 4). Vidal *et al.* (1993) han registrado que en la Bahía de Guaymas los rorcuales comunes son más abundantes durante el invierno y primavera. Todo lo anterior sugiere que los rorcuales comunes podrían desplazarse a la costa oriental del Golfo de California durante el invierno y la primavera y luego dispersarse hacia la costa occidental durante el verano.

Otro supuesto que se debe cumplir al aplicar los estimadores de abundancia utilizados en este trabajo, es el de la aleatoriedad en los muestreos. Cada individuo debe tener la misma probabilidad de ser capturado, lo cual es difícil de lograr, en especial si se tiene en cuenta que los rorcuales comunes no se distribuyen homogéneamente dentro del Golfo de California. Enríquez (1996) sugiere que algunos individuos muestran fidelidad hacia ciertas localidades de la costa occidental. Si este fuera el caso, su estimación estaría sesgada hacia los individuos que se mueven exclusivamente a lo largo de esta costa, lo cual explicaría la gran cantidad de recapturas encontradas en su trabajo y por consiguiente la sub-estimación del tamaño poblacional. Hasta el momento no se conoce ningún trabajo que confirme y explique esta posible segregación del rorcual común dentro del golfo.

Un examen preliminar de los Índices de intercambio (Tabla 8), si acaso el patrón de movimientos observados y distribución es correcto, sugiere que los rorcuales comunes podrían estar subdivididos en una pequeña fracción sureña y otra mayor en la región de las grandes islas. Un resultado similar se ha observado con los lobos marinos de California, el cual se ha asociado a la existencia de una barrera ecológica para estos animales al sur de las grandes islas (Schramm-Urrutia, 2002).

En este trabajo, se realizaron tres estimaciones. Las obtenidas a partir del lado derecho de las dorsales parecen ser las más acertadas, ya que tienen un error estándar y un intervalo de confianza menos amplios, en comparación con la estimación obtenida a partir del lado izquierdo. Por otro lado, al comparar las dos estimaciones del lado derecho, se observa que la de Darroch 659 (458-1043) presentó un error estándar menor (ES= 127), por lo cual se cree que es la más acertada.

A pesar de que se trabajó con la misma metodología y con tamaños de muestra similares, la estimación de Enríquez (1996) de 296 (217-376) individuos, es notablemente más baja que las calculadas en este trabajo. Esto puede deberse, a que su trabajo de campo se limitó a la costa occidental del Golfo de California, a diferencia del presente, en el que se incluyó la costa oriental (Bahía Kino), permitiendo un cubrimiento más amplio del área de distribución de la población y a su vez una estimación más precisa.

La estimación de Gerrodette y Palacios (1996) de 820 (594-3229) individuos, se aproxima a lo encontrado en este trabajo, sin embargo, además de provenir de una metodología diferente, tiene un intervalo de confianza muy amplio. Esta estimación se realizó a partir de datos colectados durante un proyecto cuyo fin era estimar la abundancia de cetáceos en el Golfo de California (Mangels y Gerrodette, 1994), a diferencia de este, en el que el esfuerzo estuvo dirigido hacia *B. physalus*.

Debido a su característica de residente de un área como el Golfo de California, esta población de rorcual común es difícil de comparar con otras en el mundo. Notarbartolo-Di-Sciara *et al.* (2003) señalan que la población de *B. physalus* del Mar Mediterráneo consta de alrededor de

3500 individuos, sin embargo, la extensión de este mar (2'500.000 Km<sup>2</sup> aprox.) es diez veces mayor a la del Golfo de California (250.000 Km<sup>2</sup> aprox.), por lo que al comparar las densidades (0.0014 y 0.0026 individuos por km<sup>2</sup>, respectivamente) es evidente que el número de individuos por área es mayor en el golfo. Esto sugiere que la alta productividad del golfo, asociada a una gran disponibilidad de alimento, permite el sustento de un gran número de rocuales comunes.

## 9. CONCLUSIONES

La población de rorcual común en el Golfo de California no tiene una distribución uniforme en el espacio, ni a través del tiempo. En el período de estudio, los rorcuales comunes fueron considerablemente más abundantes en la región de las grandes islas, que en la costa sur-occidental del Golfo de California.

Las capturas de rorcuales comunes durante el período estudiado, indican que la población del Golfo de California esta conformada por alrededor de 600 individuos.

El rorcual común en el Golfo de California, es igualmente abundante durante el invierno y el verano.

Los movimientos de la población de rorcual común durante el verano de 2004 y el invierno de 2005, no coinciden con lo reportado previamente por otros autores. Es probable que estos estén definidos por variaciones ambientales que afecten la distribución de sus presas, lo que sugeriría que su patrón de movimientos es más complejo que lo planteado hasta el momento.

## 10. RECOMENDACIONES

Se necesita comprender mejor la distribución y los movimientos del rorcual común dentro del Golfo de California, así como su estructura espacial y temporal para poder conocer su estado y los riesgos que pudiese enfrentar.

Es necesario determinar si existe una segregación de los rorcuales comunes dentro del Golfo de California, por lo que se recomienda la realización de estudios de foto-identificación con una mayor cobertura en distintas zonas del golfo y estaciones del año.

## 11. LITERATURA CITADA

- Agler, B.A., J.A. Beard, R.S. Bowman, H.D. Corbett, S.E. Frohock, M.P. Hawvermale, S.K.Katona, S.S. Sadove y I.E. Seipt. 1990. Fin whale (*Balaenoptera physalus*) Photographic identification: Methodology and preliminary results from the Western North Atlantic. 349-356. En: Hammond, P.S., S.A. Mizroch y G.P. Donovan (eds.) Individual recognition of cetaceans: Use of Photo-Identification and other techniques to estimate population parameters. **Report of the International Whaling Commission** (Special Issue 12). Cambridge, R.U. 440 pp.
- Aguilar, A. 2002. Fin Whale. 435-438. En: Perrin, W.F., B. Wursig y J.G.M. Thewissen (eds.) **Encyclopedia of Marine Mammals**. Academic Press. San Diego, California. E.E.U.U. 1414 pp.
- Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. 427-449. En: Ketchum, B.H. **Ecosystems of the world: Estuaries and enclosed seas**. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 500pp.
- Álvarez-Borrego, S. y J.R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. 555-567. En: Simonet, B.R.T. y Drophin, J.P. (eds.). **The Gulf and Peninsular Provenance of the Californias**. American Association of Petrologist and Geologist. Memoir 47.
- Bérubé, M., A. Aguilar, D. Dedanto, F. Larsen, G. Notarbartolo-Di-Sciara, R. Sears, J.Sigurjonsson, J. Urbán R. y P. J. Palsbøll. 1998. Population genetic structure of North Atlantic, Mediterranean and Sea of Cortez fin whales, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758): Analysis of mitochondrial and nuclear loci. **Molecular Ecology**. 7: 585-600.
- Bérubé, M., J. Urbán, Dizon, A.E., Brownell, R.L. y Palsboll, P.J. 2002. Genetic identification of a small and highly isolated population of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, Mexico. **Conservation Genetics**. 3: 183-190.
- Bowditch, N. 1995. **The American Practical Navigator**. National Imagery and Mapping Agency. Maryland, E.E.U.U. 896 pp.
- Calambokidis, J., J.C. Cabbage, G.H. Steiger, K.C. Balcomb y P. Bloedel. 1988. Population estimates of humpback whales in the Gulf of Farallones, California (SC/A88/ID36). En: Hammond, P.S., S.A. Mizroch y G.P. Donovan (eds.) Individual recognition of cetaceans: Use of Photo-Identification and other techniques to estimate population parameters. **Report of the International Whaling Commission** (Special Issue 12). Cambridge, R.U. 440 pp.
- Calambokidis, J., G.H. Steiger, J.M. Straley, L.M. Herman, S. Cerchio, D.R. Salden, J. Urbán, J. Jacobsen, O. Von Ziegesar, K. Balcomb, C.M. Gabrielle, M.E. Dahlheim, S. Uchida, G.




- Ellis, Y. Miyamura, P. Ladrón de Guevara, M. Yamaguchi, S.A. Mizroch, L. Schlender, K. Rasmussen, J. Barlow y T.J. Quinn. 2001. Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. **Marine Mammal Science**. 17(4):769-794.
- Croll, D.A., C.W. Clark, A. Acevedo, B. Tershy, S. Flores, J. Gedamke y J. Urbán. 2002. Only male fin whales sing loud songs. **Nature**. 417: 409-411.
- Darroch, J.N. 1958. The multiple-recapture census. I: Estimation of a closed population. **Biometrika**. 45:343-359
- Del Ángel-Rodríguez, J. 1997. Hábitos alimentarios y distribución espacio temporal de los rorcuales común (*Balaenoptera physalus*) y azul (*Balaenoptera musculus*) en la Bahía de La Paz B.C.S. México. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 68 pp.
- Enríquez, L.M. 1996. Ocurrencia, movimientos, estructura social y tamaño de las agregaciones de rorcual común *Balaenoptera physalus* (Linnaeus 1758) en el Golfo de California, México. **Tesis de Licenciatura**. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 59 pp.
- Friday, N., T.D. Smith, P.T. Stevick y J. Allen. 1997. Photographic quality, animal distinctiveness, and sample size: Balancing bias and precision in capture-recapture estimates of abundance of humpback whales using photographic identification. (*Megaptera novaeangliae*). Documento SC/49/O19 presentado a la IWC Comité Científico Octubre 1997 (sin publicar). 21 pp.
- Friday, N., T.D. Smith, P.T. Stevick y J. Allen. 2000. Measurement of photographic quality and individual distinctiveness for the photographic identification of humpback whales, *Megaptera novaeangliae* **Marine Mammal Science**. 16(2):355-374.
- Gendron, D, S. Aguiñiga y J.D. Carriquiry. 2001.  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  in skin biopsy samples: A note on their applicability for examining the relative trophic level in three rorqual species. **Journal of Cetacean Research and Management** 3(1):41-44
- George, J.C., L.M. Philo, K. Hazard, D. Withrow, G.M. Carroll y R. Suydam. 1994. Frequency of killer whale (*Orcinus orca*) attacks and ship collisions based on scarring on bowhead whales (*Balaena mysticetus*) of the Bering-Chukchi-Beaufort Seas stock. **Arctic**. 47:247-255.
- Gerrodette, T. y D. M. Palacios. 1996. Estimates of cetacean abundance in EEZ waters of the Eastern Tropical Pacific. National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Science Center. Administrative Report No. LJ-96-10. La Jolla, California. E.E.U.U. 28 pp.
- Gilmore, R. M. 1957. Whales around the Cortes sea. Tragic strandings in the Gulf of California. **Pacific Discovery**. 10(1):22-27.

- Guerrero, M.E. 2005. Estado actual de las grandes ballenas en el Golfo de California. **Tesis de Maestría**. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. 321 pp.
- Hammond, P.S. 1986. Estimating the size of naturally marked whale population using capture-recapture techniques. (253-282) En: Donovan, G.P. 1986. Behavior of whales in relation to management. **Report of the International Whaling Commission**, (Special Issue 8). Cambridge, R.U. 282 pp.
- Jaume-Schinkel, M.S. 2004. Hábitos alimentarios del rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 64 pp.
- Leatherwood, S., R.R. Reeves, W.F. Perrin y W.E. Evens. 1988. **Whales, dolphins and porpoises of the Eastern North Pacific and adjacent arctic waters**. A Guide to their identification. Dover Publications, Inc. Nueva York, E.E.U.U. 256 pp.
- Mangels, K.F. y Gerrodette, T. 1994 Report of cetacean sightings during a marine mammal survey in the Eastern Pacific Ocean and the Gulf of California aboard the NOAA ships McARTHUR and DAVID STARR JORDAN July 28-November 6, 1993. **NOAA Technical Memorandum NMFS**. 88 pp.
- Nigenda, S.F. 2005. Polimorfismo del complejo principal de histocompatibilidad *DQB-1*, en el rorcual común (*Balaenoptera physalus*) del Golfo de California. **Tesis de Licenciatura**. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 59 pp.
- Notarbartolo-Di-Sciara, G., M. Zanardelli, M. Jahoda, S. Panigada y S. Airoidi. 2003. The fin whale *Balaenoptera physalus* (L. 1758) in the Mediterranean Sea. **Mammal Review**. Reino Unido. 33(2):105-150.
- Otis, D.L., K.P. Burnham, G.C. White y D.R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. **Wildlife Monographs**. 62: 135 pp.
- Pollock, K.H., J.D. Nichols, C. Brownie y J. Hines. 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. **Wildlife Monographs**. 107: 95 pp.
- Rojas-Bracho, L. 1984. Presencia y distribución del rorcual común, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758) (Cetacea: Balaenopteridae) en el Golfo de California, México. **Tesis de Licenciatura**. U.N.A.M. Ciudad Universitaria. México D.F. 157 pp.
- Reeves, R.R., B.S. Stewart, P.J. Clapham y J.A. Powell. 2002. **Guide to marine mammals of the world**. National Audubon Society, Inc. Nueva York, E.E.U.U. 528 pp.
- Schnabel, Z.E. 1938 En: Seber, G.A.F. 1982. **The estimation of animal abundance and related parameters**. Griffin, London. Segunda Edición. 654 pp.
- Schramm-Urrutia. 2002. Estructura genética y filogenética del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) en aguas adyacentes a la Península de Baja California Sur, México. Tesis de Doctorado. U.A.B.C. México. 146 pp.

- Seber, G.A.F. 1982. **The estimation of animal abundance and related parameters**. Griffin, London. Segunda Edición. 654 pp.
- Tershy, B.R., D. Breese y C.S. Strong. 1990. Abundance, seasonal distribution and population composition of Balaenopterid whales in the Canal de Ballenas, Gulf of California, Mexico. 369-375 En: Hammond, P.S., S.A. Mizroch y G.P. Donovan (eds.) Individual recognition of cetaceans: use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters. **Report of the International Whaling Commission**. (Special Issue 12). Cambridge, R.U. 440 pp.
- Tershy, B.R., J. Urbán, D. Breese, L. Rojas y L.T. Findley. 1993. Are fin whales resident to the Gulf of California? **Revista de Investigación Científica**. Universidad Autónoma de Baja California Sur. No. Especial de la SOMMEMA 1: 69-72.
- Ugalde de la Cruz, A. 2005. Descripción y cambios a través del tiempo en las marcas naturales de ballenas azules fotografiadas al rededor de la Península de Baja California. **Tesis de Licenciatura**. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. México. 65 pp.
- Urbán, J., S. Jaume, B. Tershy, J. Pettis, L. Findley, J.P. Gallo, A. Acevedo, D. Croll, y O. Vidal. 2001. Residency times and movement patterns of fin whales in the Gulf of California, Mexico. **Abstracts: Fourteenth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals**. Vancouver, Canadá. p 220.
- Urbán, J., B. Mate, S. Jaume-Schinkel, C. Díaz, B. Tershy, A. Acevedo y D. Croll. 2005. Determination and characterization of fin whale habitat in the Gulf of California. **Abstracts: Sixteenth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals**. San Diego, California, E.E.U.U. p 288.
- Vidal, O. y G. Pechter. 1989. Behavioral observations of fin whales, *Balaenoptera physalus*, in the presence of killer whales (*Orcinus orca*). **Fishery Bulletin**. 83: 370-373.
- Vidal, O., L.T. Findley y S. Leatherwood. 1993. Annotated checklist of the marine mammals of the Gulf of California. **Proceedings of the San Diego Society of Natural History**. 28:1-15.

# ANEXO A

## Bitácoras de navegación y de avistamientos.




**PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE MAMÍFEROS MARINOS - UABCS**  
**BITÁCORA GENERAL DE REGISTRO**

No. CONSECUTIVO \_\_\_\_\_

CRUCERO \_\_\_\_\_ TRIPULACIÓN \_\_\_\_\_

Fecha dd / mm / aa	Hora hh : mm	Guardia Observa.	Actividad	Latitud 00.0000	Longitud 00.0000	10x No.	Rumbo	Vel. km/h	No. Avist.	Beauf.	Olas m	Viento dir	Nub %	Visib m-r-b	Temp. °C	Especie	No. Org.
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																
/ /	:																

Tiempo sin esfuerzo (hh:mm) \_\_\_\_\_



**PROGRAMA DE INVESTIGACION DE MAMIFEROS MARINOS**  
**Bitácora de Avistamiento**

Proyecto \_\_\_\_\_

Embarcación: \_\_\_\_\_ Anotador: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora Inicial: \_\_\_\_\_ Posición I.: \_\_\_\_\_

No. Avistamiento: \_\_\_\_\_ Hora Final: \_\_\_\_\_ Posición F.: \_\_\_\_\_

**Condiciones ambientales**

Beaufort: \_\_\_\_\_ Olas: \_\_\_\_\_ m Dir. viento: \_\_\_\_\_ Nubosidad: \_\_\_\_\_ % Visibilidad: B [ ] R [ ] M [ ]

Temp. aire: \_\_\_\_\_ °C Temp. Superficie: \_\_\_\_\_ °C Oxígeno: \_\_\_\_\_ pH: \_\_\_\_\_

Especie(s): \_\_\_\_\_ No. Organismos: \_\_\_\_\_

Identificó: \_\_\_\_\_ Caract. p/identificación: \_\_\_\_\_

Composición de grupo: \_\_\_\_\_ Organismos asociados: \_\_\_\_\_

No. de \_\_\_\_\_

Hembra c/ cría: \_\_\_\_\_ Solitario: \_\_\_\_\_ Sub-adulto: \_\_\_\_\_ Adulto: \_\_\_\_\_

Tamaño aprox. (m): \_\_\_\_\_

**Comportamiento.**

Navegando [ ] Alimenticio [ ] Reproductivo [ ] Otro: \_\_\_\_\_

Describir comportamiento: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Biopsias:** Si [ ] No [ ] Cola [ ] Lomo [ ] Otro: \_\_\_\_\_ No. Biopsia: \_\_\_\_\_

Reacción: Si [ ] No [ ] Describir: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Arrastre de plancton:** Si [ ] No [ ] Describir: \_\_\_\_\_

Otros datos: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ANEXO B

Hoja de resultados de la estimación de abundancia obtenida a través del programa CAPTURE

Mark-recapture population and density estimation program      Page 1  
Program version of 16 May 1994      1-Mar-06  
Input and Errors Listing

Input---title='abundancia'

Input---task read captures x matrix occasions=4  
\*\* Warning \*\* captures= 4.00000 assumed.

Input---format='(a5,1x,4f1.0)'

Input---read input data

Summary of captures read

Number of trapping occasions	4
Number of animals captured	171
Maximum x grid coordinate	1.0
Maximum y grid coordinate	1.0

Input---task population estimate darroch

Population estimation with time specific changes in probability of capture.  
See model M(t) of the Monograph for details.

Occasion	j=	1	2	3	4
Animals caught	n(j)=	87	19	76	6

Total animals captured 171

p-hat(j)= 0.14 0.03 0.12 0.01

Population estimate is 613 with standard error 126.9090

Continuación ANEXO C

Approximate 95 percent confidence interval    426 to    938

Profile likelihood interval    426 to    970

Histogram of n(j)

Frequency    87    19    76    6

-----

Each \* equals    9 points

90	*			
81	*			
72	*	*		
63	*	*		
54	*	*		
45	*	*		
36	*	*		
27	*	*		
18	*	*	*	
9	*	*	*	*

-----

1Mark-recapture population and density estimation program    Page 3

Program version of 16 May 1994    1-Mar-06

abundancia

S u c c e s s f u l   E x e c u t i o n

## ANEXO C

Abundancia relativa (rorcuales comunes registrados/hora de observación)  
calculada para cada día de muestreo

	FECHA	ZONA	ESFUERZO	INDIVIDUOS REGISTRADOS	ABUNDANCIA RELATIVA
	13/06	Norte	8.92	11	1.23
	14/06	Norte	7.03	8	1.14
	15/06	Norte	10.62	10	0.94
	16/06	Norte	7.90	14	1.77
	18/06	Norte	8.45	9	1.07
	19/06	Norte	7.38	3	0.41
	20/06	Norte	10.07	9	0.89
	21/06	Norte	5.52	7	1.27
	22/06	Norte	3.25	3	0.92
	23/06	Norte	7.58	14	1.85
	25/06	Norte	10.10	10	0.99
	26/06	Norte	8.80	9	1.02
	27/06	Norte	5.45	4	0.73
	01/07	Norte	8.97	3	0.33
	02/07	Norte	7.42	3	0.40
	04/07	Norte	8.22	8	0.97
	05/07	Norte	6.38	11	1.72
	07/07	Norte	7.62	6	0.79
	08/07	Norte	8.80	12	1.36
<b>VERANO 2004</b>	09/07	Norte	8.37	13	1.55
	10/07	Norte	8.80	9	1.02
	13/07	Norte	7.38	1	0.14
	02/08	Sur	9.25	1	0.08
	03/08	Sur	12.17	0	0.00
	04/08	Sur	7.97	0	0.00
	05/08	Sur	12.72	0	0.00
	06/08	Norte	5.07	0	0.00
	07/08	Norte	11.78	10	0.84
	08/08	Norte	11.97	4	0.35
	09/08	Norte	11.05	0	0.00
	11/08	Norte	2.78	0	0.00
	12/08	Norte	12.63	3	0.22
	13/08	Sur	3.25	0	0.00
	14/08	Sur	11.68	1	0.12
	15/08	Sur	11.42	1	0.06
	16/08	Sur	8.18	0	0.00
	11/09	Sur	6.73	0	0.00
	12/09	Sur	6.30	0	0.00
	13/09	Sur	3.12	0	0.00

## Continuación ANEXO C

Abundancia relativa (rorcuales comunes registrados/hora de observación)  
calculada para cada día de muestreo

	FECHA	ZONA	ESFUERZO	INDIVIDUOS REGISTRADOS	ABUNDANCIA RELATIVA
	23/01	Norte	7.43	11	1.48
	24/01	Norte	7.33	5	0.68
	25/01	Norte	8.45	22	2.60
	26/01	Norte	4.02	7	1.74
	27/01	Norte	7.23	34	4.70
	28/01	Norte	7.63	44	5.76
	29/01	Norte	8.12	20	2.46
	02/02	Norte	5.95	0	0.00
	03/02	Norte	7.58	0	0.00
	19/03	Sur	6.50	0	0.00
	19/03	Sur	7.00	0	0.00
<b>INVIERNO 2005</b>	19/03	Sur	6.47	0	0.00
	20/03	Sur	3.85	1	0.26
	20/03	Sur	4.48	0	0.00
	20/03	Sur	5.17	0	0.00
	06/04	Sur	8.40	0	0.00
	07/04	Sur	10.18	0	0.00
	08/04	Sur	8.50	0	0.00
	09/04	Sur	10.27	1	0.08
	10/04	Sur	7.55	1	0.11
	11/04	Sur	3.55	0	0.00
	12/04	Sur	8.47	0	0.00
	14/04	Sur	5.67	0	0.00
	15/04	Sur	10.13	0	0.00
	16/04	Sur	10.02	0	0.00