



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES SOCIALES DE
CACHALOTES (*Physeter macrocephalus*) Y SUS
MOVIMIENTOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA
JUAN CARLOS RUVALCABA MÁRQUEZ

LA PAZ, B.C.S., JUNIO DEL 2013



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S. siendo las 12:00 horas del día 14 del mes de Mayo del 2013 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES SOCIALES DE CACHALOTES (*Physeter macrocephalus*) Y SUS MOVIMIENTOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA"

Presentada por el alumno:

RUVALCABA
Apellido paterno

MÁRQUEZ
materno

JUAN CARLOS
nombre(s)

Con registro:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | 1 | 0 | 4 | 5 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis



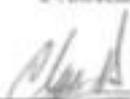
DRA. DIANA GENDRON LANIER
Directora de Tesis



MC. ARMANDITO MANOLO ALVAREZ TORRES
2º Director de Tesis



DR. VÍCTOR HUGO CRUZ ESCALONA



DRA. CLAUDIA JANETL HERNÁNDEZ CAMACHO



MC. JOSÉ RICARDO PALOMARES GARCÍA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



IPN
CICIMAR
DIRECCION



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 23 del mes Mayo del año 2013
el (la) que suscribe BM. JUAN CARLOS RUVALCABA MÁRQUEZ alumno(a) del
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS
con número de registro A110454 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DRA. DIANE GENDRON LANIEL Y MC. ARMANDO MANOLO ÁLVAREZ TORRES
y cede los derechos del trabajo titulado:

"CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES SOCIALES DE CACHALOTES

(*Physeter macrocephalus*) Y SUS MOVIMIENTOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: jcaruvama@gmail.com - dgendron@ipn.mx - armandomanolo@gmail.com

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

BM. JUAN CARLOS RUVALCABA MÁRQUEZ

nombre y firma

Dedicatoria

A mi familia, en especial a mi madre. Marta Elena.

Agradecimientos

Agradezco al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y al Instituto Politécnico Nacional, por la oportunidad de realizar un posgrado de calidad. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) y a la American Cetacean Society (ACS) por el apoyo financiero a lo largo de mi estancia en CICIMAR.

Al equipo de investigación de la Universidad de Dalhousie, que me permitió embarcarme en un crucero de investigación muy especial, así como permitirme utilizar algunos datos para complementar este trabajo.

A la Dra. Diana Gendron, por su guía, apoyo y comprensión en todo momento.

Al M.C. Manolo Álvarez Torres, quien me dirigió gran parte del camino para que este escrito se pudiera realizar, muchas gracias.

A los miembros del comité, la Dra. Claudia Hernández Camacho, Dr. Ricardo Palomares García y el Dr. Víctor Cruz Escalona, gracias por su valioso tiempo, consejos y ayuda.

De manera muy especial, gracias a mi familia, sobre todo a mi madre, Marta Elena, que siempre me ha apoyado.

A una gran amiga, Dani, gracias por todo.

Al equipo del Laboratorio de Mamíferos Marinos de Quelonios, a mis amigos, profesores, y a los que de alguna manera me acompañaron en esto, muchas gracias.

| | |
|--|------|
| Índice | |
| Glosario | iii |
| Lista de figuras | iv |
| Lista de tablas | vi |
| Resumen | vii |
| Abstract | viii |
| Introducción | 1 |
| Antecedentes | 4 |
| <i>Estructura social en cetáceos</i> | 4 |
| <i>Estructura social de los cachalotes en el Golfo de California</i> | 6 |
| <i>Movimientos de cachalotes</i> | 7 |
| Justificación | 9 |
| Objetivo | 10 |
| Objetivos particulares | 10 |
| Metodología | 11 |
| <i>Área de estudio</i> | 11 |
| <i>Búsqueda y seguimiento de los cachalotes</i> | 11 |
| <i>Evaluación y búsqueda de re-capturas</i> | 14 |
| <i>Análisis de la estructura social</i> | 16 |
| <i>Análisis de movimientos</i> | 20 |
| <i>Movimiento de las unidades sociales</i> | 21 |

| | |
|---|----|
| Resultados | 22 |
| <i>Estructura social: Tamaño y representatividad de la muestra</i> | 22 |
| <i>Estructura social</i> | 25 |
| <i>Movimientos: Tamaño de muestra y representatividad de los datos</i> | 29 |
| <i>Modelo de movimiento poblacional</i> | 31 |
| <i>Movimiento de las unidades sociales</i> | 33 |
| Discusión | 37 |
| <i>Estructura social</i> | 37 |
| <i>Las unidades sociales</i> | 42 |
| <i>Los movimientos de las unidades sociales en el Golfo de California</i> | 43 |
| Conclusiones | 47 |
| Recomendaciones | 48 |
| Bibliografía | 49 |
| Anexos | 58 |

Glosario

Clan: Individuos que comparten el mismo repertorio vocal (Whitehead, 2003).

Foto-identificación: Proceso de reconocimiento individual con base a características propias de cada individuo (Arnbom, 1987).

Grupo social: Individuos que coordinan sus movimientos por periodos cortos de tiempo (Whitehead, 2003).

Índice de asociación: Proporción de avistamientos en que dos individuos fueron observados juntos con respecto al total de sus avistamientos, toma valores de 0 a 1 (Whitehead, 2008).

Re-captura: Observación de un individuo previamente foto-identificado (Arnbom, 1987).

Súper-agregaciones: Conjunto de varios grupos sociales distribuidos en un área de entre 9-72 km (Guerrero-de la Rosa, 2008).

Unidad social: Animales que comparten sus movimientos y permanecen juntos por periodos largos de tiempo, que van de años a décadas (Whitehead, 2003).

Lista de figuras

Figura 1.- Zonas de búsqueda no sistemática de cachalotes entre 1993 y 2005. a) Temporada fría (enero-junio), b) Temporada cálida (julio-diciembre) y c) Búsqueda realizada entre 2008 y 2010. La línea continua delimita la zona donde se llevó a cabo un mayor esfuerzo de búsqueda.

Figura 2.- Fotografía de la aleta dorsal de cachalote donde a) es una fotografía con calidad (Q) de 2 y b) calidad (Q) de 5.

Figura 3.- Tipos de marcas utilizadas en la categorización las fotografías. a) Corte profundo, b) agujero, c) parte faltante, d) irregularidades en la unión de los lóbulos, e) corte, f) vieira y g) ondulación.

Figura 4.- Distribución de los avistamientos en donde se fotografiaron aquellos individuos con re-capturas entre 1995 y 2010.

Figura 5.- Relación entre el número de individuos foto-identificados y el número acumulativo de foto-identificaciones.

Figura 6.- Número acumulativo de individuos foto-identificado por periodo de muestreo puntual.

Figura 7.- Estructura social de los cachalotes del Golfo de California; a) Tasa de asociación desfasada estandarizada, b) Modelo con el mejor ajuste (compañías constantes con encuentros casuales) y c) Tasa de asociación nula.

Figura 8.- Relación entre el número de individuos identificados y el número acumulativo de foto-identificaciones del conjunto de datos de CICIMAR-IPN y la Universidad de Dalhousie.

Figura 9.- Modelo de movimiento poblacional para los cachalotes del Golfo de California (población con emigración, re-inmigración y mortalidad).

Figura 10.- Distancia entre los avistamientos de: A) La unidad 1, observada en a) 1995, b) 1998, c) 2002, d) 2003 y e) 2008; B) Unidad 2, observada en a) 1997, b) 2002, c) 2003 y d) 2009; C) Unidad 3, observada en a) 1999 y b) 2002; y D) Unidad 4 observada en San Pedro Mártir en a) 1999, c) 2002 y d) 2003, mientras que un individuo fue observado en b) 2002 frente a las costas de Guaymas.

Figura 11.- Distancia entre los avistamientos de: A) La unidad 5, observada en a) 2002, c) 2008 y d) 2009 sobre San Pedro Mártir, mientras que en b) 2004 frente a la isla Tortuga; B) Unidad 6 observada en 2002, 2003 y 2009 en la región de San

Pedro Mártir; C) Unidad 7 observad en a) 2002 y b) 2003; y D) unidad 8 observada en a) 2003 al norte de la isla San José y b) 2005 sobre la cuenca de Farallón.

Lista de tablas

Tabla I.- Modelos de estructura social ajustados a la tasa de asociación desfasada de la población de cachalotes del Golfo de California.

Tabla II.- Modelos de tipo de población con base a movimientos ajustados a la tasa de identificación desfasada de la población de cachalotes del Golfo de California.

Tabla III.- Número de foto-identificaciones ($Q>3$) en el Golfo de California por año de muestreo a partir del catálogo de CICIMAR-IPN

Tabla IV.- Valores del índice de asociación promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para datos observados y estimados de la asociación entre individuos de cachalote.

Tabla V.- Número de diadas para diferentes intervalos del índice de asociación.

Tabla VI.- Unidades sociales de cachalotes identificadas en el Golfo de California, con el número o de individuos que las conforman, el promedio del índice de asociación y el tiempo en días entre sus avistamientos más distantes, comparados con el índice de asociación promedio del total de individuos incluidos en el análisis.

Tabla VII.- Valores de QAIC para los diferentes modelos de estructura social.

Tabla VIII.- Número de foto-identificaciones ($Q>3$) en el Golfo de California por mes de muestreo a partir del catálogo de la Universidad de Dalhousie.

Tabla IX.- Número de foto-identificaciones utilizando tanto el catálogo de CICIMAR-IPN como el de la Universidad de Dalhousie.

Tabla X.- Valores de QAIC para los diferentes modelos de movimiento.

Tabla XI.- Unidades sociales de cachalotes en el Golfo de California por año.

.

Resumen

Estudios recientes sugieren que los cachalotes que habitan en el Golfo de California tienden a formar súper-agregaciones, lo que dificulta la delimitación y seguimiento de unidades sociales. En el presente trabajo se caracterizaron algunas unidades sociales de cachalote, y se determinaron sus patrones de movimiento espacio-temporales. La información proviene de censos no sistemáticos en el Golfo de California realizados entre 1995 y 2010. Se obtuvieron 1479 avistamientos, de los cuales 379 individuos presentaron por lo menos una recaptura. Sobre la base de estos datos, se construyó una matriz de asociación, identificando con ello los grupos de individuos con altos valores de asociación mediante un análisis de agrupamiento jerárquico. Se identificó el tipo de estructura social mediante la tasa de asociación desfasada, siendo esta la denominada “compañías constantes con encuentros casuales”, que implica extensivas asociaciones a corto plazo, con asociaciones duraderas y estables a largo plazo. El seguimiento de estas unidades sociales permitió identificar zonas de tránsito local, siendo la principal en las áreas adyacentes a San Pedro Mártir, isla Tortuga y la costa de Guaymas, regiones que coinciden con los reportes de mayor abundancia y captura de calamar gigante en el Golfo de California. Hacia el sur, en la región entre isla San José y la cuenca de Farallón solo se identificó movimiento de tránsito local por parte de una unidad. Estos resultados sugieren que los cachalotes del Golfo de California presentan una estructura social similar a otras regiones, y que pueden utilizar el movimiento de pequeña escala como una estrategia para obtener un mejor aprovechamiento del hábitat.

Palabras clave: Cachalote, *Physeter macrocephalus*, estructura social, movimientos, unidades sociales, Golfo de California.

Abstract

Recent studies suggest that sperm whales that inhabit in the Gulf of California tend to form super-aggregations, causing difficulty in the identification and monitoring of social units. In this study we characterized the sperm whale social units. The information comes from non-systematic surveys in the Gulf of California from 1995 to 2010. A total of 1479 sightings were obtained from 379 individuals that had at least one re-capture. On the basis of this data, we constructed a matrix of association, thereby identifying groups of individuals with high values of partnership through a hierarchical cluster analysis. We identified the type of social structure by lagged association rate, being the so-called "casual encounters constants companies", which involves extensive short-term partnerships with stable and long term partnerships. Following these social units we identified local transit areas, the main in areas adjacent to San Pedro Martir, Tortuga Island and the coast of Guaymas, regions that match the most abundant and capture reports of the Humboldt squid in the Gulf of California. To the south, in the region between San Jose Island and the Farallon basin one local movement of one unit was identified. These results suggest that sperm whales in the Gulf of California indicate that they have a social structure similar to other regions, and they can use small-scale movement as a strategy to obtain a better utilization of the habitat.

Key words: Sperm whale, *Physeter macrocephalus*, social structure, movements, social units, Gulf of California.

Introducción

El cachalote (*Physeter macrocephalus*), la única especie perteneciente de la familia physeteridae, presenta el dimorfismo sexual más evidente dentro de los cetáceos; alcanzando las hembras 12 m y los machos 18 m de largo (Rice, 1989; Whitehead, 2003). Presentan una distribución cosmopolita aunque opuesta en una fase de su ciclo de vida; ya que los grupos de hembras e inmaduros habitan aguas tropicales y subtropicales entre los 40°N y 30°S, mientras que los machos migran hacia regiones cercanas a los polos y regresan cuando alcanzan la madurez social con el fin de reproducirse (Rice, 1989). Al ser el odontoceto de mayor tamaño, el cachalote requiere de grandes cantidades de alimento, por lo que pasa periodos largos en su búsqueda (Clarke, 1976; Whitehead, 2003). Sus presas principales son los cefalópodos mesopelágicos, tales como *Dosidicus* spp., *Moroteuthis* spp. y *Taningia* spp. (Ridgway & Harrison, 1989; Whitehead, 2003).

La estructura social de los cachalotes es compleja, y presenta niveles múltiples de organización (Whitehead *et al.*, 2011). Los estudios enfocados en la organización y comportamiento social se basan en análisis de interacciones entre individuos (Whitehead, 1997), y son fundamentales para comprender la estructura o composición genética de las poblaciones, así como el uso del hábitat (Baird & Dill, 1996 citado en: Jaquet & Gendron, 2009; Ersts & Rosenbaum, 2003 citado en: Jaquet & Gendron, 2009).

Por lo general, en mamíferos que viven en grupos sociales, las hembras permanecen de manera vitalicia en los grupos donde nacen, mientras que los

machos los abandonan después de concluida la temporada reproductiva (Clutton-Brock & Lucas, 2011). Los mamíferos marinos han desarrollado una gran variedad de sistemas sociales, que van desde los sistemas con grupos inestables de corta duración como en los delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*) (Connor, 2000), hasta aquellos donde los individuos permanecen toda su vida en grupos cerrados, interactuando entre ellos a través de estructuras jerarquizadas formadas por grupos matrilineales, como en el caso de las orcas (*Orcinus orca*) (Bigg *et al.*, 1990). Estas diferencias en los tipos de sociedades posiblemente estén relacionadas con la longevidad de la especie y con las diferencias en sus historias de vida, así como con las variaciones en el hábitat, bien sea oceánico, costero, estuarino o dulceacuícola (Wells *et al.*, 1980 citado en: Jaquet & Gendron, 2009; Connor, 2000; Gowans *et al.*, 2008 citado en: Jaquet & Gendron, 2009).

Se ha documentado que la estructura social de los cachalotes presenta tres niveles de organización: las unidades sociales, los grupos sociales y los clanes acústicos (Whitehead, 2008). Las unidades sociales están formadas por hembras y jóvenes inmaduros que mantienen una relación estable por años o décadas y están integradas por aproximadamente una docena de individuos pertenecientes a varias líneas matriarcales (Christal *et al.*, 1998; Whitehead, 2003). Viajan distancias largas y mantienen cohesiones con el fin de brindar un mejor cuidado a las crías, así como defenderse más eficientemente contra los depredadores (Whitehead, 2003; Pitman & Chivers, 1999). El siguiente nivel de organización social son los grupos sociales, compuestos por dos o más unidades sociales que coordinan sus movimientos por periodos cortos que van de días a semanas

(Whitehead, 2003). El último nivel de organización social son los clanes acústicos, los cuales están conformados por todos aquellos individuos (unidades y grupos sociales) que comparten un repertorio similar de codas (Rendell & Whitehead, 2003; Whitehead, 2003). El uso que se ha asignado a estas codas es la comunicación entre cachalotes (Whitehead, 2003), y son escuchadas principalmente durante la socialización en presencia de hembras y jóvenes inmaduros (Whitehead & Weilgart, 1991 citado en: Álvarez-Torres, 2006).

Los movimientos que realizan los cachalotes son necesarios para el desarrollo de los individuos, siendo algunos de gran escala como los realizados por los machos hacia los polos, y otros de pequeña escala, generalmente asociados a la búsqueda de alimento (Whitehead, 2003). Los movimientos de pequeña escala pueden variar según las condiciones locales, por ejemplo, en zonas con grandes variaciones de profundidades como las islas Galápagos, los grupos de hembras y jóvenes inmaduros se mueven dentro de un perímetro de alrededor de 20 km en cuencas profundas, mientras que en zonas como el norte de Chile, con menor irregularidad batimétrica, los cachalotes se mueven en un rango de alrededor de 60 km, lo cual sugiere diferencias en la distribución del alimento en función de la batimetría (Whitehead, 2003).

El Golfo de California es un área idónea para el estudio de la estructura social de los cachalotes, ya que estos pueden ser observados durante todo el año (Gendron, 2000), y donde al menos una parte de la población puede ser residente (Ruvalcaba-Márquez, 2010). Actualmente, se sabe que el Golfo de California representa una zona importante de alimentación, crianza y reproducción para esta

especie (Jaquet & Gendron, 2002; Jaquet *et al.*, 2003; Guerrero-de la Rosa, 2008), donde se han encontrado por lo menos dos clanes distintos (Álvarez-Torres, 2006) y se han reportado súper-agregaciones de individuos en el área circundante a la isla San Pedro Mártir, la depresión de Guaymas y la depresión de Farallón (Jaquet & Gendron, 2002).

Antecedentes

Estructura social en cetáceos

La formación de agrupamientos es una de las principales estrategias de supervivencia, punto de partida en el desarrollo de estructuras sociales de diferentes especies (Wiszniewski *et al.*, 2012). Los cetáceos viven en conglomerados que van de unos cuantos individuos hasta grupos muy numerosos, desde agregaciones comunes hasta grupos matrilineales con diferentes niveles jerárquicos y diferentes niveles de interacción entre los individuos (Moller, 2011). Por ejemplo, *T. truncatus*, presenta un tipo de estructura social denominada fusión-fisión, en la que los patrones de organización social varían de acuerdo a los sexos y a la estructura de edad (Connor, 2000).

Otro ejemplo interesante es el de la población residente de orcas de Vancouver, en la Columbia Británica, Canadá, en las que se ha observado una alta fidelidad a los grupos en los que nacen los individuos (Bigg *et al.*, 1990; Baird & Whitehead, 2000). Las orcas forman grupos matrilineales estables a lo largo de su vida, en los que los individuos se alejan por periodos cortos con fines reproductivos (Bigg *et al.*, 1990). El establecimiento de las manadas formadas por

las orcas, se basa en la premisa de que estas pasan al menos el 50% del tiempo juntas, ya sea alimentándose, navegando o descansando.

La estructura social del cachalote se ha estudiado principalmente en Galápagos desde 1985 hasta 1996, mediante un catálogo de fotografías de 1,550 individuos (representando el 40% de la población total) y sus registros de presencia en diferentes escalas espacio-temporales (Whitehead *et al.*, 1991; Christal *et al.*, 1998; Whitehead, 2003). De el mismo modo, mediante estudios realizados con base a un catálogo fotográfico de aletas caudales de cachalote en las costas de Chile, se logró determinar que el tamaño promedio de los grupos de cachalotes es de alrededor de 23 individuos, además, que algunos machos tienden a agruparse con grupos de hembras e inmaduros por periodos cortos (Coakes & Whitehead, 2004). De este modo, se ha determinado que los cachalotes en esta área presentan una estructura social definida, formando agrupaciones extensivas por periodos de una a dos semanas, desintegrándose y dando paso a unidades sociales duraderas a través de los años (Christal *et al.*, 1998).

Las diferentes poblaciones de cachalotes estudiadas (Islas Galápagos y norte de Chile) presentan un patrón similar de organización social (Whitehead & Kahn, 1992 citado en: Jaquet & Gendron, 2009; Coakes & Whitehead, 2004). En contraste, las poblaciones del norte de Golfo de México, el Mar Caribe y el Mar de los Sargazos, muestran diferencias importantes en cuanto al tamaño de los grupos (Gero, 2005 citado en: Jaquet & Gendron, 2009; Jaquet *et al.*, 2005a citado en: Jaquet & Gendron, 2009, Jaquet *et al.*, 2005b citado en: Jaquet & Gendron, 2009).

La comparación entre las poblaciones de cachalote del océano Atlántico y del océano Pacífico ha mostrado que las unidades sociales en el Atlántico tienden a moverse siempre juntas, con escasa formación de grupos, mientras que para el Pacífico, la formación de grupos sociales es más común, lo cual sugiere una mayor necesidad de defensa contra depredadores (Whitehead *et al.*, 2011).

Estructura social de los cachalotes en el Golfo de California

Jaquet y Gendron (2009) compararon la estructura social de los cachalotes del Golfo de California con los de otras poblaciones, observando una mayor estabilidad de las asociaciones entre cachalotes del Golfo de California con respecto a los cachalotes de las Galápagos y de las costas de Chile. Por otro lado, Guerrero-de la Rosa (2008) observó diferencias significativas en las señales isotópicas en piel de cachalotes de la zona de San Pedro Mártir con respecto al resto del Golfo de California, lo que sugiere que los cachalotes se alimentan de niveles tróficos diferentes o pasan periodos en diferentes regiones dentro del Golfo de California, por lo menos durante el periodo de regeneración del tejido. A pesar de no haber estudios dirigidos hacia el tiempo de regeneración de la piel en cachalotes, esta se ha determinado en piel de otros odontocetos en cautiverio como el delfín nariz de botella (*T. truncatus*) y belugas (*Delphinapterus leucas*), estimando que dicho proceso ocurre entre los 70 y 74 días (Brown *et al.*, 1983 citado en: Busquets-Vass, 2008; Hicks *et al.*, 1985 citado en: Busquets-Vass, 2008; Aubin *et al.*, 1990 citado en: Busquets-Vass, 2008).

Movimiento de los cachalotes

Las hembras e inmaduros se desplazan en promedio a una velocidad de 4 km/h, llegando a recorrer hasta 50 km en un día y 200 km en tres días (Whitehead *et al.*, 2008). Estos movimientos pueden considerarse de pequeña y larga escala. El primero considera los movimientos en una misma región, mientras que los movimientos de larga escala implican viajes entre regiones, por ejemplo, los cachalotes que se mueven entre las islas Galápagos, Ecuador y Panamá, en un viaje de 1,000 km (Whitehead *et al.*, 2008). Los movimientos de grandes distancias mayores a 4,000 km son escasos (Whitehead *et al.*, 2008). No obstante, hay reportes de movimientos de hasta 5,000 km (Kasuya & Miyashita, 1988 en: Whitehead *et al.*, 2008), como el movimiento más largo reportado para un grupo de hembras y jóvenes inmaduros de 3,803 km desde las Islas Galápagos hasta el Golfo de California (Jaquet *et al.*, 2003). Estos movimientos a grandes escalas podrían provocar efectos de desproporción en las poblaciones, alterando los rasgos genéticos como resultado de la llegada de nuevos individuos, sin embargo, son importantes en la repoblación de zonas en las que el número de individuos ha disminuido (Whitehead, 2003).

Se han identificado patrones de movimiento de escala corta relacionados con la alimentación y que son diferentes para diversos clanes acústicos (Whitehead & Rendell, 2004). En este estudio, se observó que en una región y tiempo particular, algunos clanes realizan movimientos en línea recta en aguas lejanas a la costa, mientras que otros prefieren realizar movimientos más complejos cercanos a la costa en aguas menos profundas, sugiriendo la existencia

de una segregación espacial. Estos autores sugieren que probablemente sea determinada por la preferencia de diferentes tipos de presas o de distintos hábitats dentro de una misma área habitada por diferentes clanes (Whitehead & Rendell, 2004).

Dentro del Golfo de California, el tiempo que destinan los cachalotes a socializar en la zona de San Pedro Mártir es mayor comparado con el tiempo promedio destinado a esta actividad por el resto de la población del Golfo de California, lo que sugiere una mayor disponibilidad de alimento para la zona central del Golfo de California, lo cual implica menor tiempo de búsqueda (Jaquet *et al.*, 2003). De igual manera, se ha observado que en años en los que la productividad disminuye debido al fenómeno ENSO, los cachalotes tienden a pasar menos tiempo socializando, lo que es el reflejo de mayor tiempo en búsqueda de alimento (Jaquet *et al.*, 2003). Por otro lado, Ruvalcaba-Márquez (2010) observó una diferencia en los movimientos de cachalotes para la región de San Pedro Mártir entre distintas estaciones del año, así como una similitud entre el movimiento de algunos individuos con relación al patrón de migración del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en la zona. Además, observó movimientos locales por parte de diferentes individuos en regiones como San Pedro Mártir, y también en la región entre la isla San José y la cuenca de Farallón, lo cual previamente había sido reportado por Jaquet & Gendron (2002).

Las diferencias en las señales isotópicas en piel de cachalote, el tiempo de búsqueda de alimento y las diferentes zonas de tránsito local, parecen indicar que éstos hacen un uso diferencial del hábitat en el Golfo de California (Jaquet &

Gendron, 2002; Jaquet *et al.* 2003; Guerrero-de la Rosa, 2008; Ruvalcaba-Márquez, 2010), en donde la alimentación de los individuos en diferentes áreas podría ser una estrategia importante para evitar la competencia entre los grupos, particularmente en la región de la isla de San Pedro Mártir, donde se presentan súper-agregaciones.

Justificación

Se sabe que el Golfo de California es un área importante para el cachalote, a tal grado que se han reportado súper-agregaciones de cachalotes en los que se pueden encontrar hasta más de tres grupos sociales en un área muy restringida. Por esto, es importante conocer cuales estrategias despliega la población para hacer un uso efectivo del hábitat y evitar la posible competencia intra-especifica. En una especie con una estructura social muy definida, el movimiento de las unidades sociales podría ser una manera en la que los individuos reducen la competencia y se ajustan a las condiciones de alta productividad sin cambiar su estructura social. Por ello, estudiar la dispersión al nivel de unidades sociales en el Golfo de California, podría ayudar a definir algunos de los factores a través de los cuales se ajusta la población a las diferentes condiciones de la región.

Objetivo

Determinar si existe un uso diferencial del hábitat por parte del cachalote (*Physeter macrocephalus*) en el Golfo de California con base a los avistamientos de diferentes unidades sociales.

Objetivos particulares

- Determinar la estructura social de la población de cachalotes dentro del Golfo de California.
- Identificar unidades sociales de cachalotes en el Golfo de California.
- Describir patrones de movimiento de unidades sociales de cachalote en el Golfo de California.

Metodología

Área de estudio

El Golfo de California (Fig. 1) es un mar interior de aproximadamente 1,000 km de longitud por 200 km de ancho, limitado al este por los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit y al oeste por la Península de Baja California, mientras que al sur se comunica con el Océano Pacífico (Roden, 1958). Las masas de agua del Golfo de California son consideradas principalmente subtropicales, presentan una alta productividad primaria y afloramientos en la costa este durante el invierno y primavera, y en la costa oeste durante el verano (Santamaría-Del Ángel *et al.*, 1994; Espinosa-Carreón & Valdez-Holguín, 2007). Topográficamente, el Golfo de California está dividido en una serie de cuencas y trincheras más profundas hacia el sur, con una profundidad máxima mayor a los 3,000 m, aunque la mayor parte del Golfo de California presenta una profundidad menor a los 200 m (Santamaría-Del Ángel *et al.*, 1994). Además, en él se encuentra una alta abundancia de calamar gigante (*D. gigas*) (Nevárez-Martínez *et al.*, 2000), la presa principal del cachalote (Ruiz-Cooley *et al.*, 2004).

Búsqueda y seguimiento de cachalotes

Este estudio es el resultado de campañas de investigación no sistemáticas realizadas entre 1993 y 2010, divididas en dos temporadas por año, la temporada fría (enero a junio), y la temporada cálida (julio a diciembre). La búsqueda de cachalotes se llevó a cabo en diversas embarcaciones entre 1993 y 2005 (ver detalles en Jaquet & Gendron, 2009). En la temporada cálida, la búsqueda se

concentró en el área localizada entre Isla Tortuga e Isla San Pedro Mártir (Fig. 1a), mientras que en la temporada fría, para los mismos años, además de la zona de San Pedro Mártir, la búsqueda se realizó en la parte central del Golfo de California, en las zonas adyacentes a la depresión de Guaymas, la depresión de Farallón y al noreste de Isla San José (Fig. 1b). La diferencia entre temporadas se debe a que los datos obtenidos no solo es el producto de campañas destinadas al seguimiento de cachalotes, sino también de avistamientos oportunos en otros cruceros de investigación (ver detalles sobre temporadas y fuentes de información en Jaquet & Gendron, 2009). Los datos obtenidos en 2008 y 2009 se obtuvieron por cruceros de investigación no sistemáticos dirigidos a la búsqueda exclusiva de cachalote, en un trabajo en conjunto por parte de CICIMAR-IPN y la Universidad de Dalhousie. En 2008, la búsqueda se realizó en ambas temporadas (de abril a mayo y de octubre a diciembre), mientras que para 2009, la búsqueda se realizó entre enero y mayo. La mayor parte de estos datos fueron tomados al norte de la Isla San Pedro Mártir, en la zona adyacente a la Isla Tiburón (Fig. 1c), en una embarcación tipo velero de 40 pies, "*Balaena*", perteneciente a Dalhousie University, similar a embarcaciones utilizadas con anterioridad. Por último, los datos recolectados en 2010 son avistamientos oportunistas por parte cruceros de investigación no sistemáticos de CICIMAR-IPN.

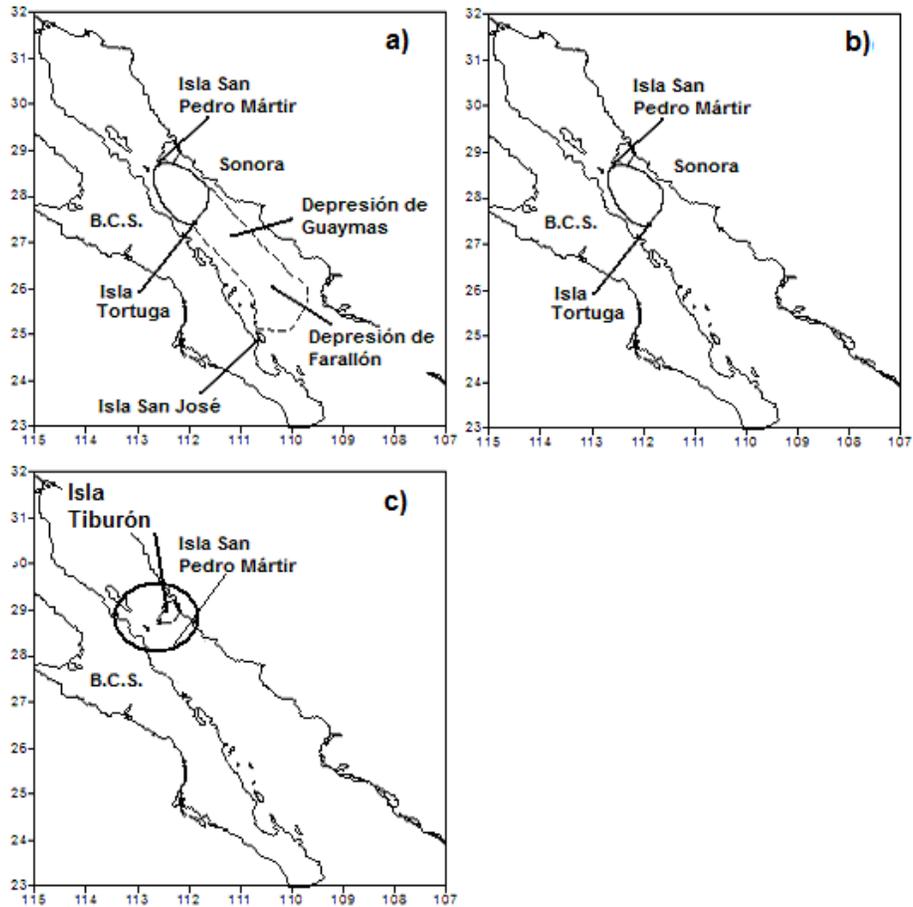


Figura 1.- Zonas de búsqueda no sistemática de cachalotes entre 1993 y 2005. a) Temporada fría (enero-junio), b) temporada cálida (julio-diciembre) y c) búsqueda realizada entre 2008 y 2010. La línea continua delimita la zona donde se llevó a cabo un mayor esfuerzo de búsqueda.

La búsqueda de cachalotes se realizó usando un hidrófono omnidireccional, que puede detectar sonidos de baja frecuencia en un rango de alrededor de ocho kilómetros, en busca de vocalizaciones (sonido tipo *click*) que los cachalotes emiten constantemente (Rendell & Whitehead, 2003).

Una vez detectadas las vocalizaciones, se ubicó la dirección del sonido con un hidrófono direccional, siguiendo la fuente hasta tener contacto visual con los

cachalotes. El registro de búsqueda, así como el seguimiento de los cachalotes (posición geográfica y hora en tiempo real) se registró en una mini computadora portátil ligada a un equipo de posicionamiento global (GPS, Garmin 12x). Cada vez que se hizo contacto visual con un grupo de cachalotes, se siguió al grupo a una velocidad similar a su desplazamiento (alrededor de 5 km/h), hasta que se sumergían, momento en que los cachalotes levantan la aleta caudal. Las aletas caudales de los cachalotes se fotografiaron con una cámara digital (Canon EOS10D, 20D y 300D) con foto-lente (SIGMA 100-300 mm F4) para su posterior foto-identificación.

Evaluación y búsqueda de re-capturas

Una vez en el laboratorio, se seleccionaron e imprimieron las mejores fotografías para cada individuo y se les asignó un valor de calidad (Q) de 1 a 5 (Fig. 2), con referencia a atributos descritos por Arnbohm (1987): nitidez, resolución de la imagen, ángulo y la proporción visible de la aleta caudal. En este trabajo solo se utilizaron fotografías con un valor de $Q > 3$.

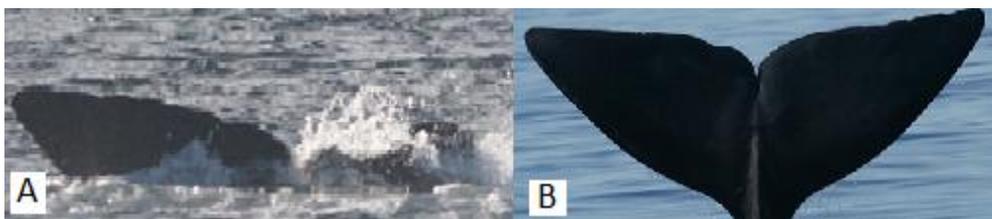


Figura 2.- Fotografía de la aleta dorsal de cachalote donde A) es una fotografía con calidad (Q) de 2 y B) calidad (Q) de 5.

A cada fotografía se le asignó una categoría con base a las marcas que presentaron en su contorno: corte profundo, agujero, parte faltante, irregularidades en la unión de los lóbulos, corte, vieira y ondulación (Fig. 3), indicando si cada una de las marcas se presentaron del lado derecho, izquierdo o en ambos lados de la aleta.

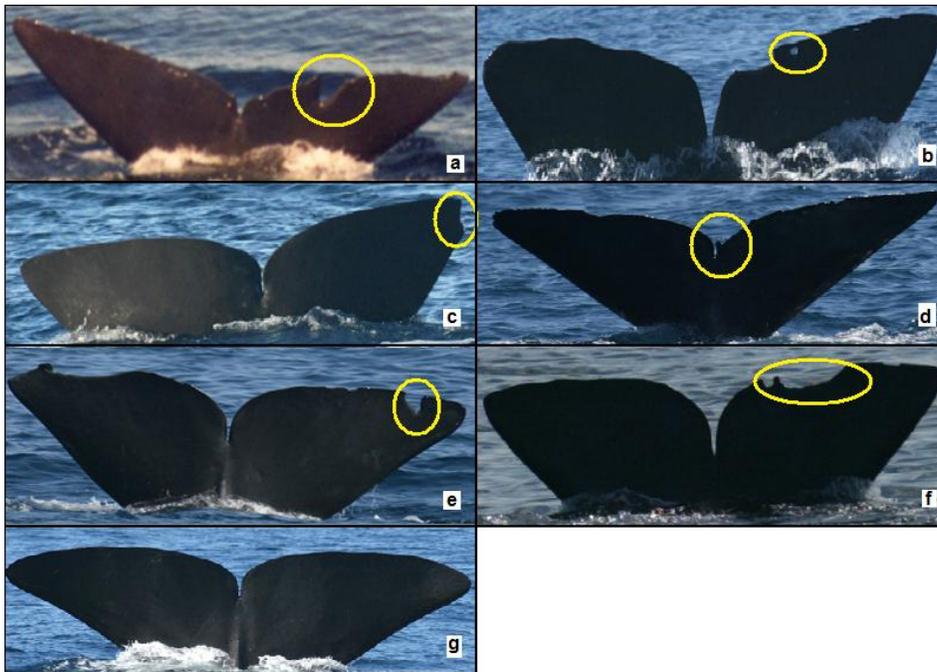


Figura 3.- Tipos de marcas utilizadas en la categorización las fotografías. a) Corte profundo, b) agujero, c) parte faltante, d) irregularidades en la unión de los lóbulos, e) corte, f) vieira y g) ondulación.

Posteriormente, las fotografías digitales convertidas a mapas de coordenadas con base a las marcas presentes en su relieve; posteriormente, cada mapa es comparado con una base de mapas pertenecientes al grupo de trabajo del Laboratorio de Mamíferos Marinos y Quelonios de CICIMAR-IPN. El análisis se realizó con la rutina para Matlab “FlukeMatch”, que sirve para clasificar imágenes

(Whitehead, 1990). Esta es una forma indirecta de estimar las recapturas de individuos (sobre la base de la probabilidad de hallar fotografías de aletas idénticas en dos tiempos diferentes). Finalmente, los pares de fotografías con coeficiente de coincidencia (R) mayor a 0.4 (rango de 0 a 1) fueron revisadas manualmente para confirmar las re-capturas.

Análisis de la estructura social

El análisis de estructura social se realizó por medio del programa para computadora SocProg v2.4 (Whitehead, 2009), el cual analiza la estructura social con base en los datos sobre asociaciones entre individuos identificados. Esta parte del estudio se realizó sólo con los datos obtenidos directamente por investigadores y alumnos del Laboratorio de Mamíferos Marinos y Quelonios de CICIMAR-IPN. Para determinar un estimado de la parte de la población de cachalotes del Golfo de California muestreada, se determinó la relación entre el número de individuos identificados y el número acumulativo de foto-identificaciones. Posteriormente se determinó la condición social de la población, por medio del índice de diferenciación social, el cual indica que tan homogéneas o heterogéneas son las sociedades en un área determinada. Valores cercanos a 0 son propios de sociedades altamente homogéneas, valores cercanos a 1 para sociedades heterogéneas, y valores mayores a 1 para sociedades altamente heterogéneas (Whitehead, 2008).

Para determinar si los cachalotes del Golfo de California tienden a formar asociaciones con ciertos individuos en particular, se realizó la prueba de

preferencia-rechazo (Bejder *et al.*, 1998 citado en: Whitehead, 2008; Whitehead, 2008). Esta prueba consiste en generar una distribución de índices de asociación teórica a partir de datos observados a través de una serie de permutaciones. Posteriormente, los índices de asociación reales son comparados con los índices de asociación estimados, para probar si hay o no preferencia por formar asociaciones definidas con individuos en particular. Esta prueba trabaja bajo la hipótesis nula de que los cachalotes tienen la misma probabilidad de asociarse aleatoriamente, sin presentar preferencias particulares. En última instancia, para determinar si existe preferencia en la manera de asociarse, el coeficiente variación y el índice de asociación reales, deberán ser mayores que sus pares permutados (Whitehead, 2008).

La estructura social de la población fue modelada por medio de la tasa de asociación desfasada estandarizada, la cual indica la probabilidad de que si dos individuos estuvieron asociados a un tiempo t , uno estará en asociación con el otro después de $t + 1$. A partir de esta, se exploraron diferentes modelos de estructura social (Tabla I) para determinar el tipo de sociedad que se presenta en la zona. Se seleccionó el mejor modelo de acuerdo al criterio de información de Akaike (Burnham & Anderson, 2004). Los modelos 2, 3 y 4 son modelos descriptivos de la familia exponencial disponibles en SocProg v2.4, mientras que el modelo 1, es un modelo descriptivo personalizado basado en estudios previos de cachalote (para mayor información del modelo, ver Jaquet & Gendron, 2009).

Tabla I.- Modelos de estructura social ajustados a la tasa de asociación desfasada de la población de cachalotes del Golfo de California.

| Descripción | Modelo |
|--|---|
| (1) Compañías constantes + acompañamientos casuales | $((a_1 \cdot 20 - 1 + (a_2 \cdot 40 - a_1 \cdot 20) \cdot \exp(-a_3 \cdot td/5)) / (a_2 \cdot 40 - 1))^2$ |
| (2) Compañías constantes | a_1 |
| (3) Acompañamientos casuales | $a_2 \cdot \exp(-a_1 \cdot td)$ |
| (4) 2 niveles de acompañamientos casuales | $a_3 \cdot \exp(-a_1 \cdot td) + a_4 \cdot \exp(-a_2 \cdot td)$ |

*a1=tamaño de unidad; a2=tamaño de grupo;
a3=tasa de disociación; td=desfase*

Posteriormente, se estimó la importancia relativa para cada variable predictiva sumando el peso de Akaike obtenidos para cada modelo en los que cada variable apareció.

Para identificar la presencia de unidades sociales, se realizó una matriz de índices de asociación entre diadas (parejas de individuos) y se obtuvo el índice de asociación para cada diada utilizando el programa SocProg v2.4. Este índice representa el porcentaje de tiempo que una diada pasa junta con respecto al total de avistamientos. El índice de asociación utilizado para el análisis es el denominado “proporción simple” (Whitehead, 2008), el cual es la proporción del número de periodos de muestreo en los cuales dos individuos fueron observados

en asociación divididos por el número de periodos de muestreo en los cuales por lo menos uno de ellos fue identificado:

$$\acute{I}A = \frac{X}{X + y_{AB} + Y_A + Y_B}$$

Donde IA es índice de asociación, X es el número de periodos de muestreo, y_A es el número de periodos de muestreo en los que solo se observó al individuo A ; y_B es el número de periodos de muestreo en los que solo se observó al individuo B ; y_{AB} son los periodos de muestreo en los que A y B fueron identificados pero no asociados. Existen una serie de índices de asociación disponibles, en este caso se utilizó el de proporción simple ya que es el más simple y es ampliamente recomendado cuando los datos cumplen con las siguientes características: 1) las asociaciones sean simétricas, 2) los datos de avistamientos sean precisos y 3) los miembros de una diada tengan la misma probabilidad de ser identificados sin importar que estén o no asociados (Whitehead, 2008).

Una vez obtenida la matriz con los índices de asociación, se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico para encontrar grupos de individuos considerando como criterio de asociación un valor de 0.5. Se decidió tomar este punto de referencia debido a la alta heterogeneidad observada en las asociaciones. Además se calculó el coeficiente de correlación coefenética, que indica la correlación entre las diadas que entran a la matriz de índices de

asociación y el nivel en el que las diadas son unidas en el dendograma. Se determinó como una unidad social a todas aquellas asociaciones en los que el lapso de tiempo entre avistamientos fuera mayor a 30 días, periodo de separación entre avistamientos sugerido por Christal *et al.* (1998) para determinar que dos avistamientos son periodos de foto-identificación diferentes.

Análisis de movimientos

Para el análisis de patrones de movimiento de cachalote, se utilizaron tanto las fotografías del banco de imágenes del Laboratorio de Mamíferos Marinos y Quelonios de CICIMAR-IPN, como las del banco de fotografías de aletas caudales de cachalote obtenidas mediante la colaboración con la Universidad de Dalhousie.

Se determinó la tasa de identificación desfasada (Whitehead, 2008), la cual indica la probabilidad de que un individuo observado en un área determinada a un tiempo t , sea re-observado en la misma área a un tiempo $t+1$. Se ajustaron diversos modelos (Tabla II) para determinar el tipo de población en cuanto a sus movimientos, seleccionando el mejor modelo sobre la base del criterio de información de Akaike (Burnham & Anderson, 2004).

Mediante la obtención de los parámetros para cada modelo, fue posible determinar el tiempo medio de residencia de los cachalotes dentro del área de estudio, así como el tiempo medio de residencia fuera de esta.

Tabla II.- Modelos de tipo de población con base a movimientos ajustados a la tasa de identificación desfasada de la población de cachalotes del Golfo de California.

| Descripción | Modelo |
|--|---|
| Cerrado (1) | $1/a_1$ |
| Emigración + mortalidad (2) | $(1/a_1) \cdot \exp(-td \cdot a_2)$ |
| Cerrado: emigración + re-inmigración (3) | $a_2 + a_3 \cdot \exp(-a_1 \cdot td)$ |
| Emigración + re-inmigración + mortalidad (4) | $a_3 \cdot \exp(-a_1 \cdot td) + a_4 \cdot \exp(-a_2 \cdot td)$ |

(1) $1/a_1 = N$

(2) $a_1 = N$, $a_2 =$ media de tiempo de residencia

(3) $a_1 =$ tasa de emigración, $a_2 =$ proporción de la población en el área de estudio

(4) $a_1 = N$, $a_2 =$ media de tiempo de residencia, $a_3 =$ tiempo fuera del área de estudio, $a_4 =$ tasa de mortalidad
 * $td =$ tasa de desfase en todos los casos

Movimiento de las unidades sociales

Se elaboraron mapas para representar los movimientos mínimos posibles de las unidades sociales determinadas durante el periodo de re-capturas. Los mapas fueron elaborados con ayuda del programa de computadora Surfer v8, el cual es útil para trabajos de cartografía de contornos y superficies en 3D para ingenieros y científicos (Golden Software, Inc.).

Resultados

Estructura social: Tamaño y representatividad de la muestra

Para el análisis de estructura social, se trabajó con 1479 foto-identificaciones con un valor de $Q > 3$, provenientes del catálogo de aletas caudales de cachalote de CICIMAR-IPN (Tabla III) pertenecientes a 379 cachalotes observados entre 1995 y 2010. La mayor parte de las fotografías de cachalote utilizadas en este estudio pertenecen a individuos observados en la región de San Pedro Mártir.

Tabla III.- Número de foto-identificaciones ($Q > 3$) en el Golfo de California por año de muestreo a partir del catálogo de CICIMAR-IPN.

| Año | Foto-identificaciones |
|------------|------------------------------|
| 1995 | 6 |
| 1997 | 4 |
| 1998 | 70 |
| 1999 | 208 |
| 2002 | 688 |
| 2003 | 325 |
| 2004 | 156 |
| 2005 | 13 |
| 2008 | 6 |
| 2010 | 3 |
| Total | 1479 |

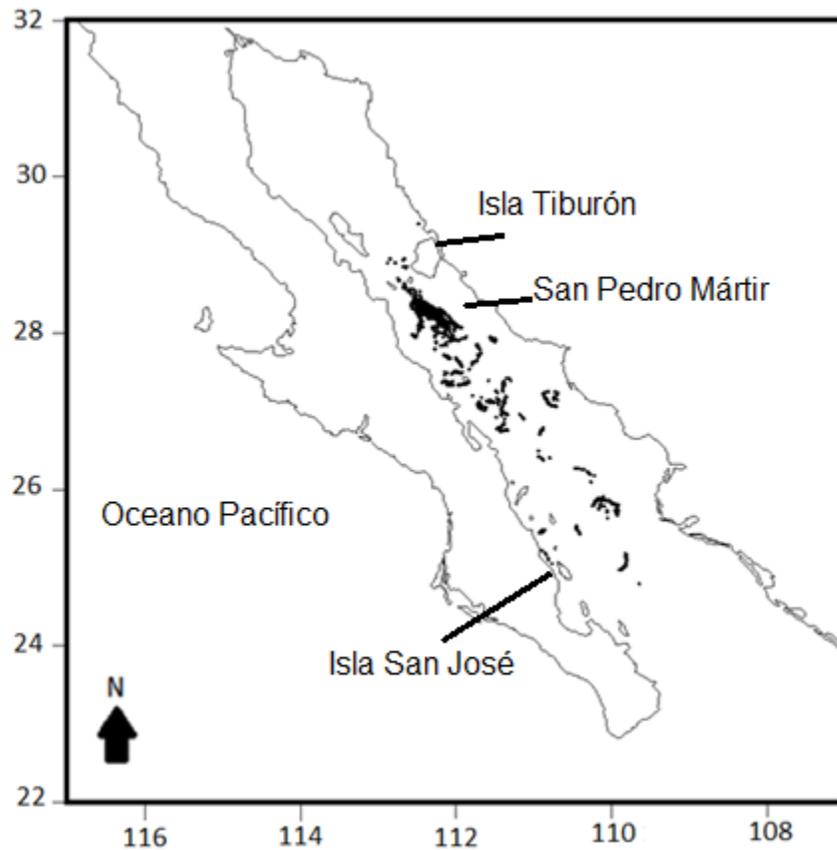


Figura 4.- Distribución de los avistamientos en donde se fotografiaron aquellos individuos con re-capturas entre 1995 y 2010.

La relación entre el número de individuos foto-identificados y el número de foto-identificaciones utilizando los datos de CICIMAR-IPN no alcanza una asíntota, lo que indica que el número de cachalotes en el Golfo de California es mayor al número de individuos incluidos en el análisis (Fig. 5).

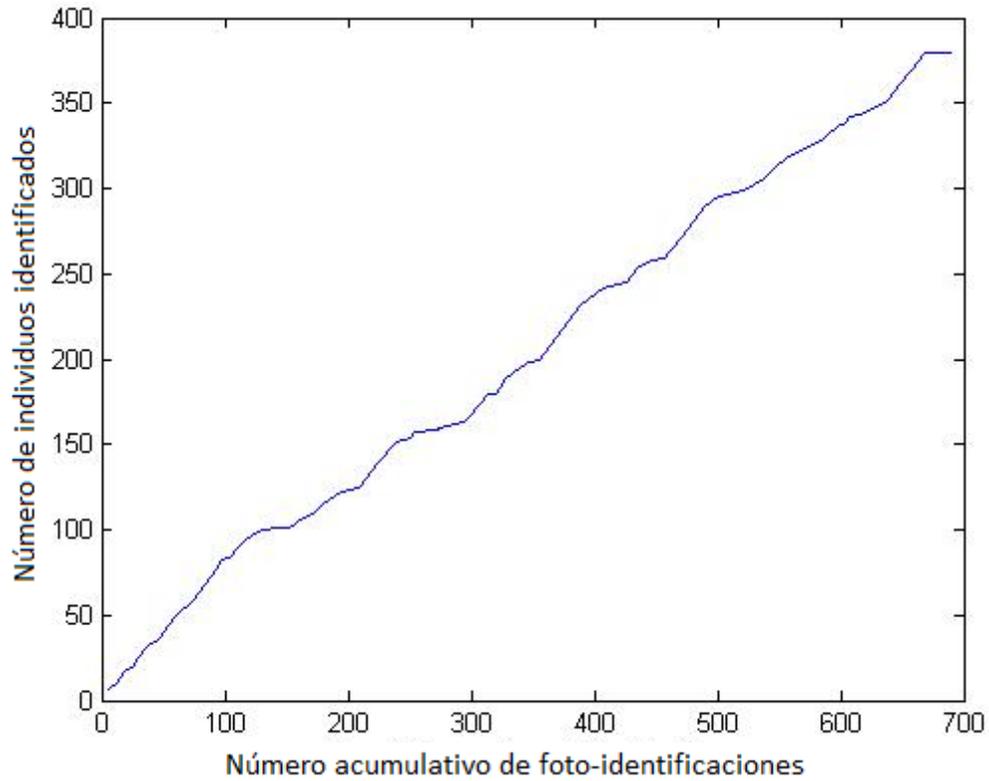


Figura 5.- Relación entre el número de individuos foto-identificados y el número acumulativo de foto-identificaciones.

Se obtuvieron un total de 91 periodos de muestreo, con una duración de 24 horas (Fig. 6). Para cada uno de estos se obtuvo un promedio de 16 foto-identificaciones pertenecientes a 7 individuos.

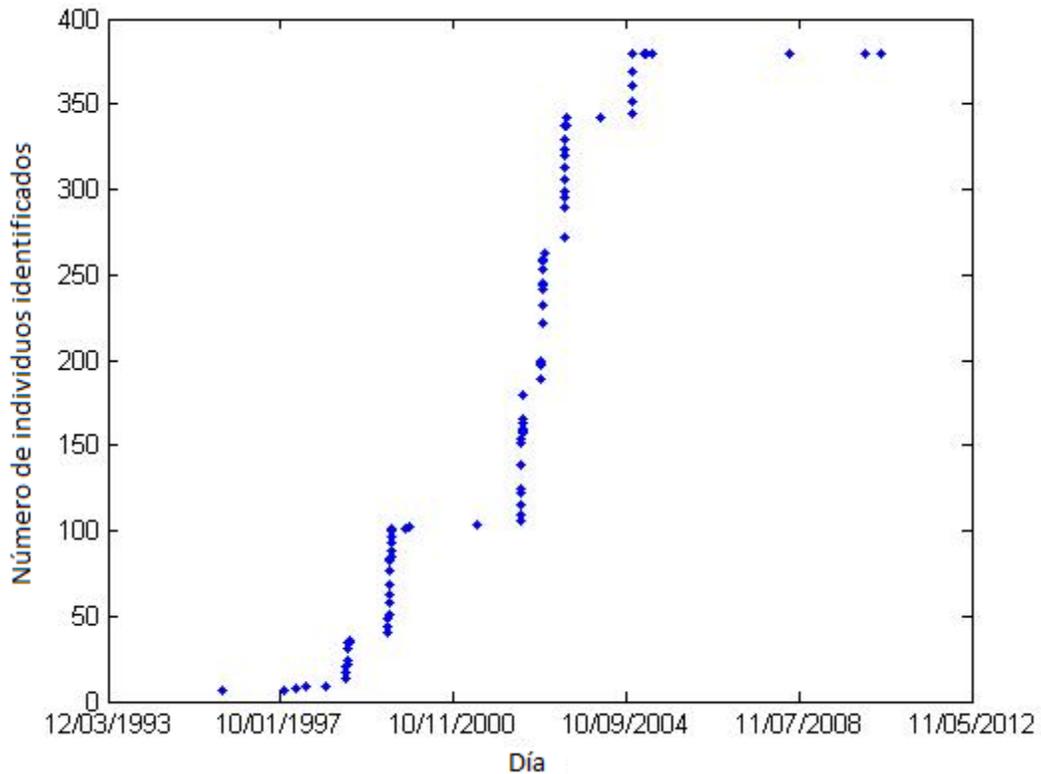


Figura 6.- Número acumulado de individuos foto-identificado por periodo de muestreo puntual.

Estructura social

Se determinó un valor de diferenciación social de 3.18, que corresponde a una sociedad altamente heterogénea. Dado que los valores del coeficiente de variación y de la desviación estándar de los datos de preferencia-rechazo mostraron poca variabilidad, y que en ambos casos los valores obtenidos para los datos reales son mayores que sus pares permutados, se presume que los cachalotes del Golfo de California tienden a formar asociaciones con determinados individuos (Tabla IV).

Tabla IV.- Valores del índice de asociación promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para datos observados y estimados de la asociación entre individuos de cachalote.

| | Valores observados | Valores generados aleatoriamente |
|--------------------------|-------------------------------|---|
| Índice de asociación | 0.02125 | 0.00002 |
| Desviación estándar | 0.11858 | 0.00012 |
| Coeficiente de variación | 5.58059 | 0.00558 |

El 9% de las diadas presentó un índice de asociación de 1, lo que significa que los dos individuos que la conforman fueron fotografiados juntos el 100% de las veces en que fueron avistados. El 8.5% de las diadas presentaron un índice de asociación entre 0.5 y 0.99, mientras que el 82.5% presentaron un índice por debajo de 0.5 (Tabla V).

Tabla V.- Número de diadas para diferentes intervalos del índice de asociación.

| Índice de asociación | Número de diadas |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 424 |
| 0.51-0.99 | 410 |
| 0.01 - 0.05 | 3972 |

Se obtuvo un coeficiente de correlación coefenética de 0.95 y un coeficiente de agrupamiento de 0.87, indicando un buen ajuste de los datos al dendograma.

Se identificaron 8 unidades sociales (Tabla VI), las cuales presentaron un promedio del índice de asociación mayor al índice de asociación que presentaron todos los individuos (incluyendo a los que componen las unidades sociales como los que no). El intervalo de tiempo entre avistamientos de las unidades sociales fue de alrededor de un año hasta más de siete años.

Tabla VI.- Unidades sociales de cachalotes identificadas en el Golfo de California, con el número o de individuos que las conforman, el promedio del índice de asociación y el tiempo en días entre sus avistamientos más distantes, comparados con el índice de asociación promedio del total de individuos incluidos en el análisis.

| Unidad social | Número de individuos | Promedio del índice de asociación | Intervalo máximo de tiempo entre los avistamientos (días) |
|----------------------|-----------------------------|--|--|
| 1 | 2 | 0.57 | 2788 |
| 2 | 5 | 0.65 (± 0.11) | 2279 |
| 3 | 2 | 0.5 | 1903 |
| 4 | 3 | 0.61 (± 0.11) | 1418 |
| 5 | 8 | 0.77 (± 0.2) | 730 |
| 6 | 6 | 0.73 (± 0.25) | 349 |
| 7 | 3 | 0.63 (± 0.11) | 358 |
| 8 | 12 | 0.56 (± 0.34) | 1341 |
| TOTAL | 379 | 0.02 (± 0.11) | |

El modelo de la estructura social de cachalotes muestra que para periodos cortos (Fig. 7a) la tasa de asociación desfasa estandarizada es alta (≈ 0.04), y no es hasta después de los 100 días cuando se nota una disminución en ella, lo cual sugiere la presencia de unidades sociales. Además, el modelo de la estructura

social observado (Fig. 7b) contrasta notablemente con la línea de desfase nula (Fig. 7C), lo cual indica que las asociaciones entre cachalotes no son aleatorias.

Con base al criterio de información de Akaike, el modelo de estabilidad social que mejor ajustó a los datos es el denominado “compañías constantes con encuentros casuales” (Whitehead, 2008), la diferencia entre los modelos con base al criterio de información de Akaike fue relativamente alta ($\Delta QAIC=10.1$), lo cual significa que ninguno de los otros modelos es adecuado para representar los datos.

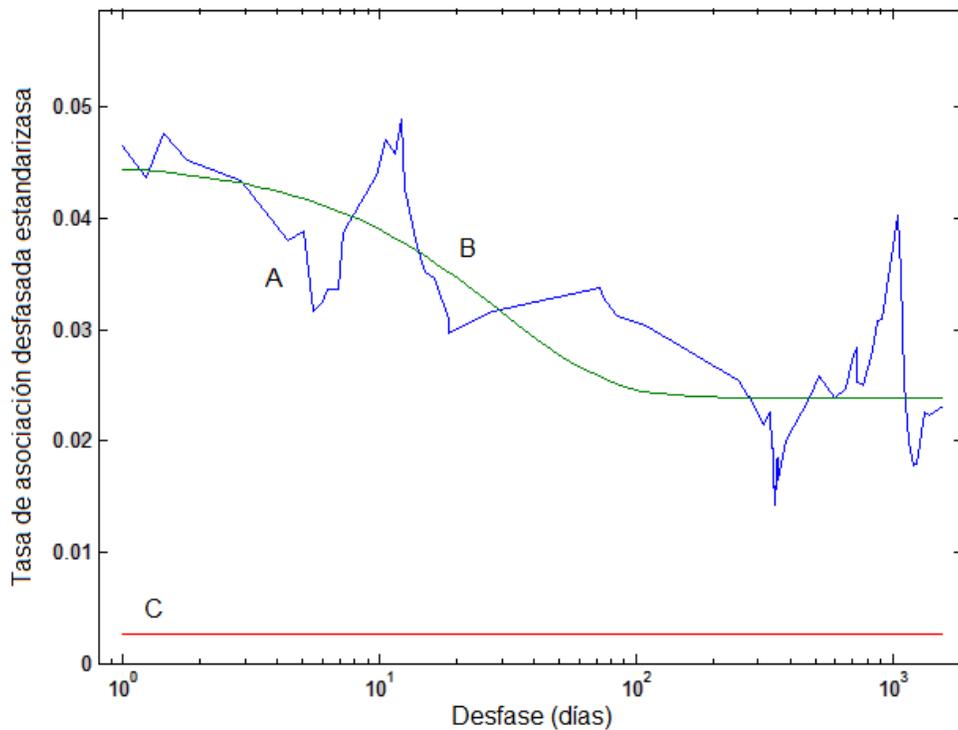


Figura 7.- Estructura social de los cachalotes del Golfo de California; A) Tasa de asociación desfasada estandarizada, B) Modelo con el mejor ajuste (compañías constantes con encuentros casuales) y C) Tasa de asociación nula.

Tabla VII.- Valores de QAIC para los diferentes modelos de estructura social.

| Modelo | QAIC | ΔQAIC |
|--|-------------|--------------------------------|
| Compañías constantes y encuentros casuales | 1805.3 | 0 |
| Acompañamientos casuales | 1815.4 | 10.1 |
| Dos niveles de acompañamientos casuales | 1816.19 | 10.89 |
| Compañías constantes | 1816.31 | 11.01 |

La importancia relativa de la variable 1 (tamaño de unidad) fue considerablemente mayor que las demás variables (7253.2), seguida por las variable 2 (tamaño de grupo) y la tasa de desfase (5436.8 cada una), mientras que la de menor importancia relativa fue la variable 3, la tasa de disociación (3621.4).

Movimientos: Tamaño de muestra y representatividad de los datos

El análisis de movimiento se realizó con los datos conjuntos de los bancos de fotografías de CICIMAR-IPN y de la Universidad de Dalhousie. Al terminar el proceso de foto-identificación de las fotografías de la Universidad de Dalhousie, se obtuvieron un total de 552 foto-identificaciones que presentaron re-capturas solo dentro de este conjunto de datos (Tabla VIII). Por otro lado, se agregaron un total de 190 foto-identificaciones ($Q>3$) obtenidas en 1991 y 2010 pertenecientes a CICIMAR-IPN, como resultado de re-capturas entre ambos conjunto de datos. Utilizando ambos catálogos, se obtuvieron un total de 2191 foto-identificaciones ($Q>3$) (Tabla IX) pertenecientes a 589 individuos.

Tabla VIII.- Número de foto-identificaciones (Q>3) en el Golfo de California por mes de muestreo a partir del catálogo de la Universidad de Dalhousie.

| Mes | Foto-identificaciones |
|----------------|------------------------------|
| Noviembre 2008 | 30 |
| Enero 2009 | 24 |
| Febrero 2009 | 126 |
| Marzo 2009 | 171 |
| Abril 2009 | 45 |
| Mayo 2009 | 126 |
| Total | 552 |

Tabla IX.- Número de foto-identificaciones utilizando tanto el catálogo de CICIMAR-IPN como el de la Universidad de Dalhousie.

| Año | Foto-identificaciones |
|------------|------------------------------|
| 1991 | 4 |
| 1992 | 1 |
| 1995 | 8 |
| 1997 | 5 |
| 1998 | 74 |
| 1999 | 212 |
| 2002 | 701 |
| 2003 | 334 |
| 2004 | 170 |
| 2005 | 18 |
| 2008 | 131 |
| 2009 | 530 |
| 2010 | 3 |
| Total | 2191 |

La relación entre el número de individuos identificados y el número acumulativo de fotografías de ambos conjuntos de datos (Fig. 8) se acercó a formar una asíntota, comprobando que el tamaño de muestra es adecuado y que un número suficiente de individuos se alcanza a un $n \approx 600$.

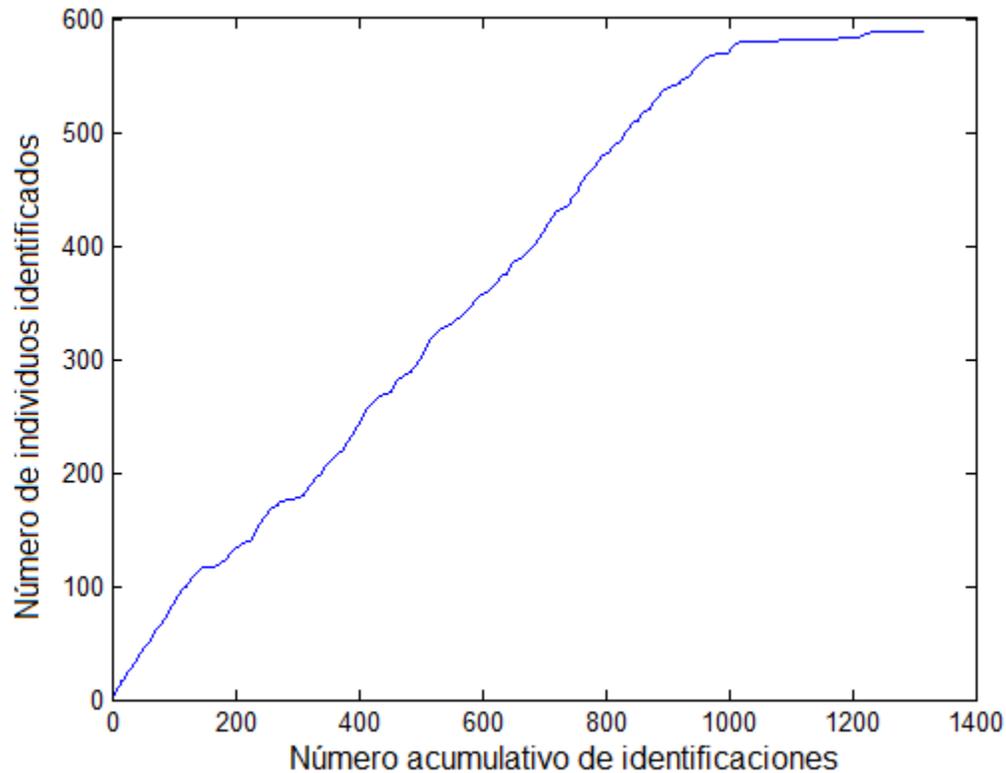


Figura 8.- Relación entre el número de individuos identificados y el número acumulativo de foto-identificaciones del conjunto de datos de CICIMAR-IPN y la Universidad de Dalhousie.

Modelo de movimiento poblacional

Con base al criterio de información de Akaike, el modelo de movimiento que mejor ajustó a los datos es el denominado “Emigración con re-inmigración y mortalidad” (Whitehead, 2008) (Fig. 9). A partir de este modelo, se determinó que el tiempo medio de residencia de los individuos dentro y fuera del área de estudio es de 25 y 52 días respectivamente. La diferencia entre los modelos con base al criterio de información de Akaike fue relativamente baja ($\Delta\text{QAIC}=6.81$), indicando que los datos presentan un soporte considerable para el modelo denominado “cerrado: emigración con re-inmigración”.

Tabla X.- Valores de QAIC para los diferentes modelos de movimiento.

| Modelo | QAIC | ΔQAIC |
|--|-------------|--------------------------------|
| Emigración + re-inmigración + mortalidad | 2803.8 | 0 |
| Cerrado: Emigración + re-inmigración | 2810.61 | 6.81 |
| Emigración + mortalidad | 2818.23 | 14.43 |
| Cerrado | 2872.78 | 69.98 |

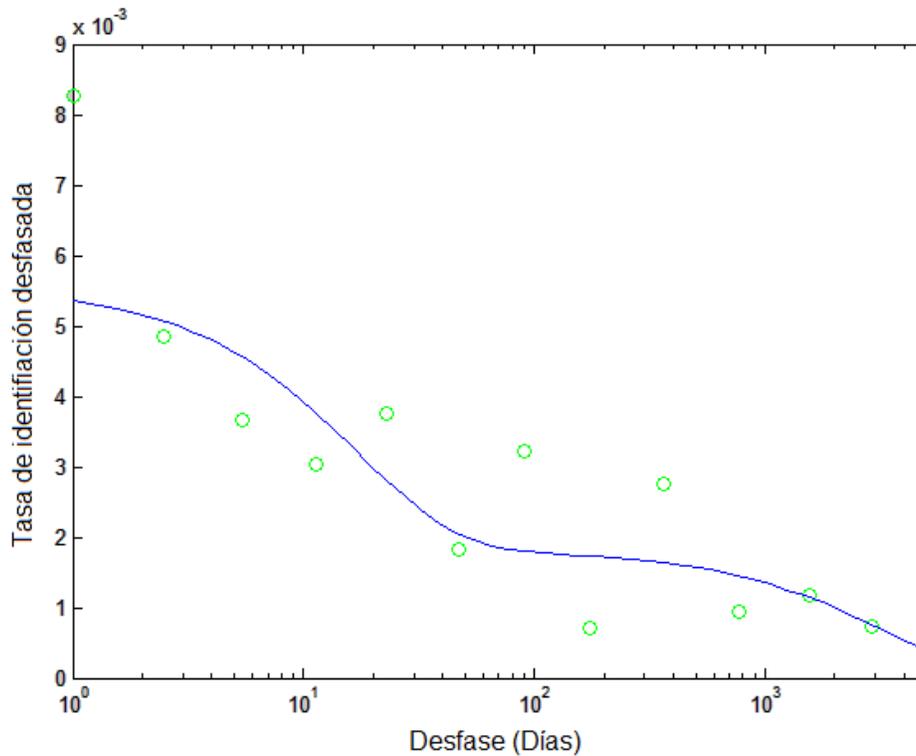


Figura 9.- Modelo de movimiento poblacional para los cachalotes del Golfo de California (población con emigración, re-inmigración y mortalidad).

Movimiento de las unidades sociales

Se observó la presencia de las unidades sociales dentro del Golfo de California desde 1995 hasta el 2009 (Tabla XII).

Tabla XI.- Unidades sociales de cachalotes en el Golfo de California por año.

| Unidad | 1995 | 1997 | 1998 | 1999 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2008 | 2009 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | + | - | + | - | + | + | - | - | + | - |
| 2 | - | + | - | - | + | + | - | - | | + |
| 3 | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | + | + | + | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - | + | - | + | - | + | + |
| 6 | - | - | - | - | + | + | - | - | - | + |
| 7 | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - |
| 8 | - | - | - | - | - | + | - | + | - | - |

La unidad 1 representa el registro más antiguo de avistamiento de unidades sociales de cachalote de acuerdo al catálogo fotográfico, observándose desde 1995 sobre la cuenca de Guaymas, posteriormente, entre 1998 y 2002 en la región de San Pedro Mártir, y de nuevo, en 2003, en la región de la cuenca de Guaymas, para posteriormente re-observarse en 2008 sobre San Pedro Mártir (Fig. 10A; Anexo 1). La mayor parte de los avistamientos de esta unidad social se presentaron en la temporada cálida, entre los meses de mayo y noviembre.

El primer avistamiento de la unidad 2 fue durante 1997, para posteriormente observarse en 2002, 2003 y 2009, siempre alrededor de la región de San Pedro

Mártir (Fig. 10B; Anexo 2), donde la mayor parte de sus avistamientos ocurrieron en la temporada fría, entre los meses de enero y mayo.

La unidad social 3 fue observada en 1999 y 2002, en dos áreas distintas, la cuenca de Farallón y en las inmediaciones de la Isla San Pedro Mártir (Fig. 10C; Anexo 3). Ambos avistamientos ocurrieron en la temporada fría, en el mes de mayo.

La unidad social 4 fue observada siempre en las inmediaciones de la isla San Pedro Mártir en los años 1999, 2002 y 2003, en la temporada de transición entre la temporada fría y la cálida, en los meses de mayo y junio (Fig. 10D; Anexo 4). La unidad 5 fue observada en la temporada cálida en 2002 sobre San Pedro Mártir, dos años después, en 2004 se identificó frente a Isla Tortuga, para posteriormente observarse en 2008 y 2009 en la región de San Pedro Mártir.

La unidad 6 fue observada en 2002, 2003 y 2009, siempre alrededor de San Pedro Mártir, en un área muy restringida (Fig. 11B; Anexo 6). Todos los avistamientos se dieron en la temporada fría, en el mes de mayo.

La unidad social 7 se observó en la región de San Pedro Mártir, en los años 2002 y 2003 (Fig. 11C; Anexo 7). Todos los avistamientos de esta unidad se dieron en la temporada fría, entre los meses de abril y mayo.

La unidad social 8 fue la más numerosa y la única que no se observó en la región de San Pedro Mártir, los avistamientos fueron realizados en el área más sureña durante 2003 y 2005 (Fig. 11D; Anexo 8).

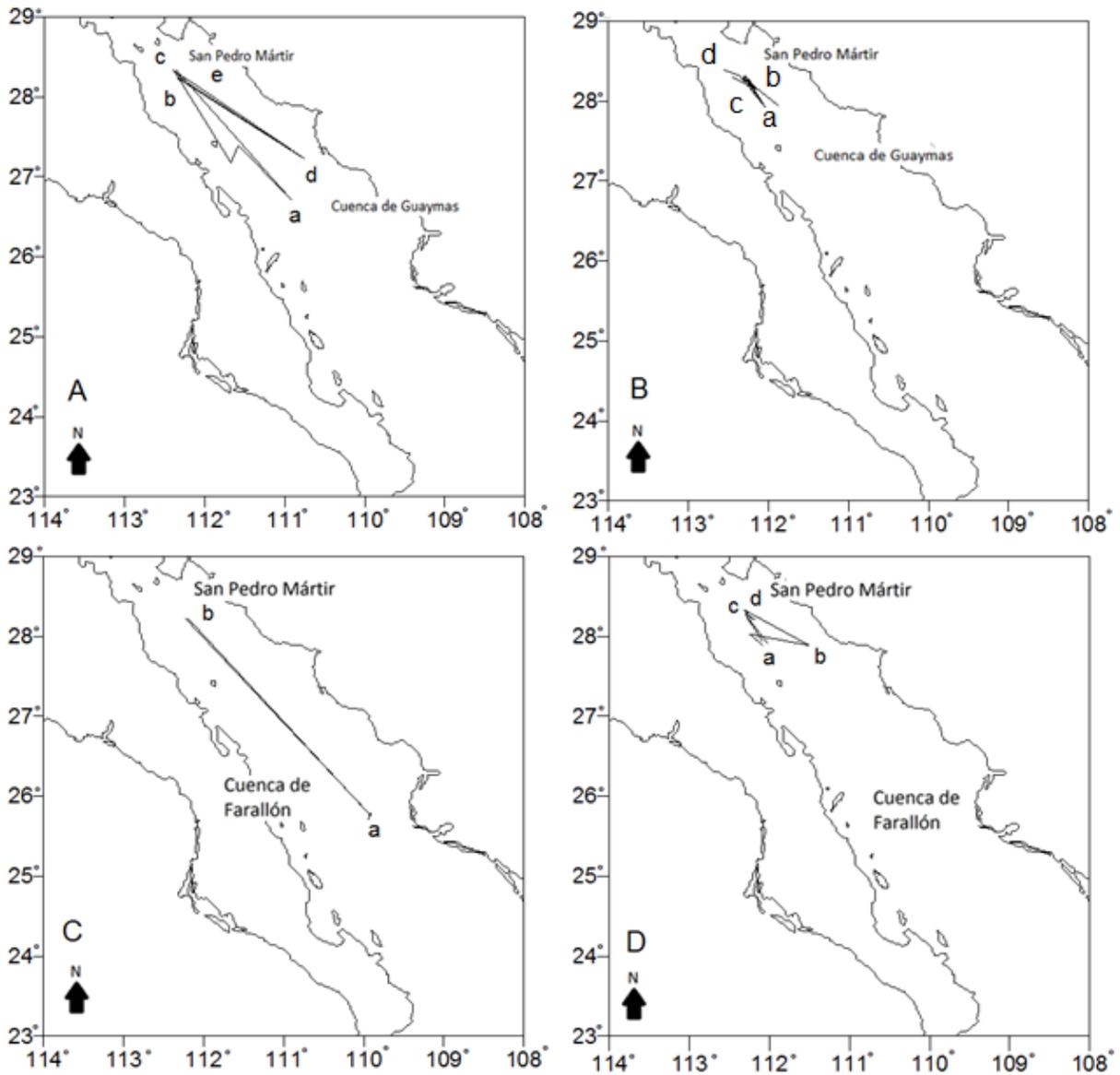


Figura 10.- Distancia entre los avistamientos de: A) La unidad 1, observada en a) 1995, b) 1998, c) 2002, d) 2003 y e) 2008; B) Unidad 2, observada en a) 1997, b) 2002, c) 2003 y d) 2009; C) Unidad 3, observada en a) 1999 y b) 2002; y D) Unidad 4 observada en San Pedro Mártir en a) 1999, c) 2002 y d) 2003, mientras que un individuo fue observado en b) 2002 frente a las costas de Guaymas.

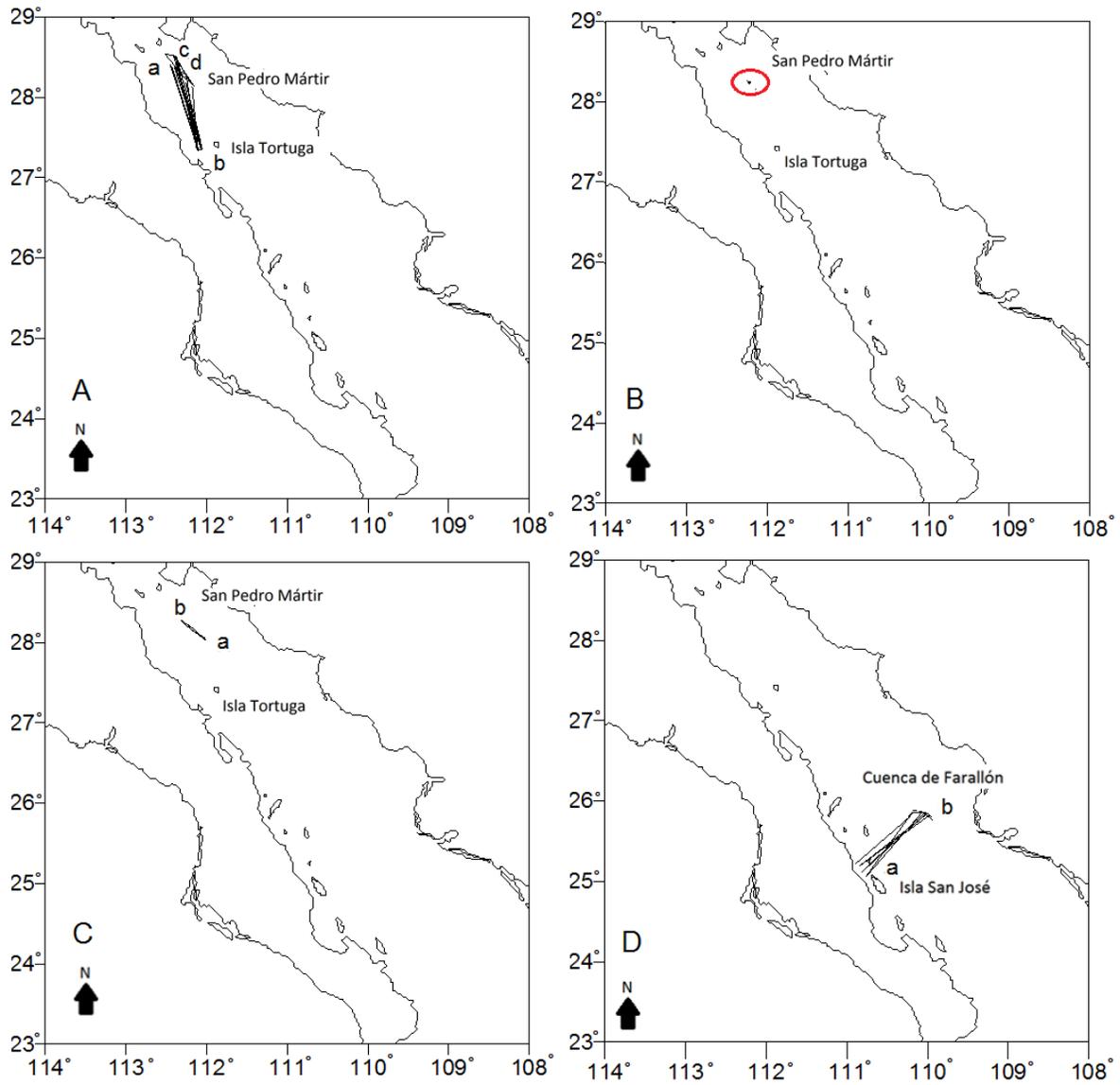


Figura 11.- Distancia entre los avistamientos de: A) La unidad 5, observada en a) 2002, c) 2008 y d) 2009 sobre San Pedro Mártir, mientras que en b) 2004 frente a la isla Tortuga; B) Unidad 6 observada en 2002, 2003 y 2009 en la región de San Pedro Mártir; C) Unidad 7 observada en a) 2002 y b) 2003; y D) unidad 8 observada en a) 2003 al norte de la isla San José y b) 2005 sobre la cuenca de Farallón.

Discusión

El diseño de muestreo en este trabajo fue adecuado y permitió identificar unidades sociales de cachalotes y analizar sus movimientos, así como determinar la estructura social de la población. Aun así, sería recomendable conjuntar las bases de datos de CICIMAR-IPN y de la Universidad de Dalhousie para obtener conclusiones más robustas sobre la estructura social de la población de cachalotes en el Golfo de California. La relación entre el número de foto-identificaciones y el número acumulativo de foto-identificaciones basada en el conjunto total de datos (Fig. 8), demostró que el esfuerzo de muestreo es adecuado para los fines de esta investigación, lo cual indica que se ha logrado identificar a la mayor parte de la población. Cabe mencionar que el esfuerzo de búsqueda de la Universidad de Dalhousie se concentró en la región de San Pedro Mártir, lugar donde se han reportado súper-agregaciones (Jaquet & Gendron, 2002).

Estuctura social

La estructura social de la población de cachalotes del Golfo de California es altamente heterogénea (índice=3.18) comparada con las poblaciones de cachalotes alrededor de las Islas Galápagos y de las costas de Dominica (índices 0.51 y 0.59 respectivamente; Whitehead *et al.*, 2011). Es decir, los cachalotes del Golfo de California tienden a formar agrupaciones y disociaciones de forma mucho más extensiva en número de individuos y duración.

Una sociedad altamente heterogénea no implica necesariamente sociedades aleatorias, si no la formación de grandes grupos de individuos. Los principales factores que intervienen en la formación de agrupaciones son la presión por depredadores y la distribución de los recursos (Alexander, 1974 citado en: Jaquet & Gendron, 2009). El principal depredador del cachalote es la orca (Baird, 2000). Aunque el conocimiento de la abundancia estacional de las orcas en el Golfo de California es escaso, se han reportados ataques de orcas a cachalotes en el océano Pacífico, mientras que aún no existen reportes en el océano Atlántico (Jefferson *et al.*, 1991 citado en: Guerrero-de la Rosa, 2006; Pitman *et al.*, 2001 citado en: Guerrero-de la Rosa, 2006). A pesar de que no se han reportado ataques de orcas a cachalotes en el Golfo de California, análisis sobre la frecuencia de tipos de marcas presentes en el relieve de las aletas caudales de cachalotes, sugieren una mayor proporción de marcas asociadas a ataques de orcas y quizá de otros odontocetos de menor tamaño, en comparación con otras áreas de estudio como el Golfo de México (Guerrero-de la Rosa, 2006). Por otro lado, la formación de súper-agregaciones puede deberse a la presión ejercida por otras especies con las que el cachalote compite directamente, por ejemplo, con la orca falsa (*Pseudorca crassidens*) y la ballena piloto (*Globicephala melas*). Estas especies, al igual que el cachalote, son consideradas macroteutófagas (Clarke, 1996 citado en: Guerrero-de la Rosa, 2006), y es posible que intenten alejar a los cachalotes de las mejores zonas de alimentación. Para el caso del Golfo de California, se tiene un registro de interacción entre cachalotes y ballenas piloto, donde los cachalotes despliegan conductas que pueden ser interpretadas como defensivas (Guerrero-de la Rosa, 2006).

La distribución de los recursos también juega un papel importante en la formación de agrupaciones, ya que los cachalotes tienden a formar agregaciones en lugares y tiempos en los que la abundancia de alimento es alta (Whitehead & Kahn, 1992 citado en: Jaquet & Gendron, 2009). El Golfo de California tiene características hidrográficas favorables para la alta productividad primaria, donde se han descrito eventos de afloramiento en la costa oriental durante el invierno y primavera, mientras que en la costa oeste durante el verano (Santamaría-Del Ángel *et al.*, 1994). Paralelamente, la región central del Golfo de California presenta ondas internas que generan amplios rangos de marea, que al mezclarse agitan la columna de agua hasta 500 m de profundidad, produciendo el efecto neto de transporte de aguas frías y ricas en nutrientes hasta la superficie (Simpson *et al.*, 1994).

Estas características permiten el soporte de súper-agregaciones de cachalotes por periodos largos, a diferencia de lo que ocurre en la región de Dominica, que se ve fuertemente influenciada por la corriente del Golfo, de naturaleza cálida (Garrison, 2007), generando aguas poco productivas incapaces de mantener grandes agregaciones de cachalotes como ocurre en el Golfo de California. Por otro lado, las poblaciones de cachalotes de Galápagos y Dominica se encuentran alrededor de islas de origen volcánico en mar abierto, mientras que en el Golfo de California se encuentran restringidas en cuerpos de agua cerrados, separados del océano, lo cual restringe a los cachalotes en áreas confinadas con alta disponibilidad de recursos, generando las altas densidades reportadas.

Los cachalotes del Golfo de California presentan una estructura social similar a los cachalotes de Galápagos y las costas de Chile, de tipo “compañías constantes con encuentros casuales” (Fig. 7), siendo las asociaciones del Golfo de California más duraderas (90 días) que para Galápagos y Chile (diez días) (Christal *et al.*, 1998). Este tipo de modelo descriptivo indica la presencia de grandes asociaciones en periodos cortos, que disminuyen paulatinamente en periodos largos a asociaciones menores y más estables (Whitehead, 2008). Esta estructura social ocurre en poblaciones de especies como los cachalotes, en las que los individuos forman unidades sociales permanentes con un alto nivel de cohesión, las cuales se asocian con otras por periodos cortos para formar grupos sociales (Whitehead, 2003; Whitehead, 2008).

Los resultados derivados del modelo de emigración con re-inmigración con mortalidad que describe el patrón de movimiento de los cachalotes en el Golfo de California, pronostica una elevada probabilidad de re-identificación de individuos en periodos de alrededor de 50 días, resultado que valida los elevados valores del índice de asociación (90 días) obtenidos de la tasa de asociación desfasada (Fig. 7). El tiempo medio de residencia dentro del área de estudio fue considerablemente mayor en comparación con datos reportados para otras zonas (p.e. Islas Galápagos, 7.8 días) (Whitehead, 2001).

La diferencia entre el tiempo de residencia dentro y fuera del área de estudio es considerablemente menor en el Golfo de California en comparación con Galápagos, en el Golfo de California el tiempo de residencia en aguas interiores es 25 días, mientras que en aguas exteriores es de 52 días, resultados que

contrastan con las estimaciones realizadas para la población de Galápagos, donde el tiempo en aguas interiores es de 8, mientras que en aguas exteriores es de 206 días (Whitehead, 2001), además, se ha observado que los movimientos de cachalotes entre Galápagos, Panamá y Ecuador son frecuentes, mientras que los movimientos de estas zonas hacia el Golfo de California son relativamente raros (Whitehead, 2008). Las diferencias en el tiempo de residencia del Golfo de California con respecto a Galápagos, así como la diferencia en la frecuencia de movimientos entre regiones a gran escala, sugieren que los cachalotes del Golfo de California presentan una preferencia por mantenerse en la zona, apoyando la idea de la importancia de la región para la especie, ya que esta se encuentra catalogada como una importante zona de alimentación, reproducción y crianza para los cachalotes (Jaquet & Gendron, 2002; Jaquet *et al.*, 2003; Guerrero-de la Rosa, 2008).

Al encontrar que los cachalotes del Golfo de California presentan una estructura social similar a otras regiones estudiadas a detalle donde se forman agrupaciones estables a largo plazo, se consideró que el uso de unidades sociales puede ser una referencia importante para el estudio de patrones de movimiento de cachalotes en el Golfo de California.

Las unidades sociales

Al contar con un registro amplio de avistamientos mayor a diez años, la presencia de grupos de individuos avistados juntos a través del tiempo, sugiere una relación estable entre ellos (Coakes & Whitehead, 2004), si consideramos que las hembras forman asociaciones cuasi-permanentes, y que los machos las abandonan al alcanzar la madurez física (Whitehead, 2003).

El método convencional para la delimitación de unidades sociales consiste en la determinación de individuos claves a través de un registro de avistamientos. El periodo entre avistamientos de estos individuos debe ser mayor a 30 días, para garantizar el hecho de que cada avistamiento pueda ser considerado como dos periodos de identificación diferentes. Para cada periodo de muestreo, se obtiene una lista de los individuos que se observaron asociados a un individuo clave, de estos, podemos identificar individuos denominados como acompañantes constantes y acompañantes casuales. Los individuos de compañía constante son aquellos que fueron observados junto a un individuo clave en por lo menos dos avistamientos con 30 días de separación entre ellos, y que presumiblemente son parte de una misma unidad social (Christal *et al.*, 1998).

Todos los avistamientos de las unidades sociales determinadas cumplen con el criterio de independencia entre avistamientos, además, la prueba de preferencia-rechazo para cada unidad indicó que estas presentan una preferencia por asociarse con los individuos de sus unidades sociales. Por ello, determinamos que las unidades sociales identificadas son útiles como referencia al momento de

identificar tendencias en el movimiento en periodos largos. La identificación de tendencias de movimientos es importante a la hora de determinar zonas de importancia relativa para una especie, ya que los lugares de común agregación de individuos reflejan disponibilidad de recursos, o zonas seguras para el desarrollo de los individuos.

Los movimientos de las unidades sociales en el Golfo de California

Se observaron diferentes tendencias de movimientos para las diferentes unidades sociales. En primera instancia, podemos encontrar que algunas unidades sociales se registraron en rangos muy restringidos, como los reportados por Ruvalcaba-Márquez (2010) de alrededor de 250 km², en los alrededores de San Pedro Mártir (Fig. 11B), mientras que movimientos mayores fueron registrados en regiones conocidas por presentar una alta abundancia de cachalotes (Jaquet & Gendron, 2002) principalmente triangulando entre San Pedro Mártir, Isla Tortuga y las costas de Sonora (Fig. 10A, 11A).

La presencia y movimiento de cachalotes cerca de Santa Rosalía ha sido reportada durante todo el otoño (Gendron, 2002), lo que posiblemente se encuentre relacionado con la alta abundancia de calamar gigante (*D. gigas*) en la zona. Se ha observado un patrón estacional en la abundancia de esta especie desde 1994, destacando la presencia de individuos de tallas grandes son capturados durante todo el año en la región central del Golfo de California, intercalando la pesquería en el área de Guaymas de noviembre a mayo (Markaida *et al.*, 2004) y Santa Rosalía, en la temporada cálida (Markaida & Sosa-Nishizaki, 2001).

Con base a revisiones de contenido estomacal de cachalotes capturados en el Pacífico sur, se ha reportado que se alimentan de calamares de mayores tallas y de aguas más profundas que aquellos capturados en las pesquerías (Clarke & Paliza, 2000 citado en: Ruiz-Cooley *et al.*, 2004). En el Golfo de California, los registros de longitud de manto de calamares (61-75 cm) capturados por las pesquerías, aunados a los resultados de análisis isotópicos en piel de cachalotes (que indican que los cachalotes se alimentan de calamares de 66 cm de longitud de manto) sugieren una posible competencia por este recurso entre los cachalotes y la pesquería comercial (Ruiz-Cooley *et al.*, 2004), lo cual sugiere que las capturas comerciales pueden ser un buen indicador de recursos para los cachalotes. Las capturas de calamar gigante en el Golfo de California, principalmente en la costas de Guaymas, pueden ser descritas en tres periodos, el primero en 1998, donde las tasas de captura bajaron drásticamente influenciadas principalmente por el fenómeno ENSO, posteriormente, se han registrado altas tasas de captura entre 1999 y 2004 (328,903 t), con una posterior reducción entre 2005 y 2012 (104,829 t). Estos datos sugieren que la disponibilidad de recursos para los cachalotes se ha mantenido en el Golfo de California a pesar de fluctuaciones en las tasas de captura del calamar gigante (Robinson *et al.*, 2012).

Los movimientos de la unidad 8 documentados en enero y abril, se presentaron en la región entre la Isla San José y la cuenca de Farallón, donde las condiciones del agua son oligotróficas (Álvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991) y donde probablemente los calamares maduran a tallas menores al ser aguas más cálidas y menos productivas (Nesis, 1983), lo cual podría llevar a pensar que dicha

zona es de tránsito para la mayor parte de la población, o una zona de alimentación alternativa para la unidad 8.. La presencia de esta unidad social en diferentes años en esta región, y la ausencia de foto-recapturas con cachalotes de la región de San Pedro Mártir (donde se agrega la mayor parte de la población), sugieren, la disponibilidad de algún recurso, lo que podría indicar una posible estrategia para contrarrestar la posible competencia intra-específica generada por la alta densidad de cachalotes en regiones como San Pedro Mártir. La presencia de la unidad social 8 en esta región, coincide con la hipótesis sugerida por Guerrero-de la Rosa (2008), quien señala que los cachalotes de fuera de la región de San Pedro Mártir complementan sus dietas con calamares de menores tallas o con otro tipo de presas.

La observación cuasi-permanente de varias unidades sociales de cachalote (1, 2, 4, 5, 6 y 7) en la región central del Golfo de California durante largos periodos (1995-2008, 1997-2009), pueden ser considerados evidencia de que los cachalotes fueron residentes durante el periodo de estudio. Esto gracias a la constante elevada productividad abundancia de calamar, a pesar de la ocurrencia de fenómenos como el ENSO (1997-1998).

Se ha demostrado mediante imágenes de satélite, que la variabilidad en la biomasa fitoplanctónica no se ve fuertemente influenciada por los fenómenos ENSO, disminuyendo drásticamente los efectos de este fenómeno en algunas áreas de la región central del Golfo de California por medio de la intensa mezcla de mareas en la zona (Santamaría-Del Ángel *et al.*, 1994). Sin embargo, se ha observado que la ocurrencia de estos fenómenos provoca variaciones en la talla

de madurez de los calamares. Entre 1996 y 1997 la pesca de calamar en Santa Rosalía, B.C.S. y Guaymas, Sonora, consistió en individuos madurando en tallas grandes, al ocurrir un año El Niño en 1998, las capturas estaban compuestas por calamares madurando a tallas medianas, después de un periodo de transición, en el año 2000, los calamares fueron capturados de nuevo madurando a tallas grandes (Markaida & Sosa-Nishizaki, 2001; Markaida, 2006), indicando que a pesar de la variación en las tallas el recurso se mantuvo disponible. Esto concuerda con los reportes de Jaquet y Gendron (2002), para el año 1998, en los que los cachalotes fueron encontrados más dispersos que en 1997, destinando más tiempo a navegar, posiblemente debido a un mayor esfuerzo de búsqueda de alimento al ser el calamar de menor talla (Jaquet *et al.*, 2003). El decremento en las tallas de maduración de calamar, así como el aumento en tiempo de navegación de los cachalotes en un año ENSO sugieren que a pesar de la disminución del recurso, los cachalotes del Golfo de California se pueden adaptar a condiciones desfavorables.

En conjunto, este estudio apoya la idea de que los cachalotes presentan una estructura social bien definida y que las unidades sociales se mueven sobre rangos espaciales y temporales posiblemente como respuesta a la distribución de los recursos a pequeña escala (Whitehead *et al.*, 2008). Por otro lado, debido a los resultados observados, podemos sugerir que los movimientos de las unidades sociales del Golfo de California, cobran una importancia significativa ya que utilizan de una manera más eficiente el hábitat, a pesar de encontrarse en alta concentración.

Conclusiones

1.- Los cachalotes del Golfo de California presentan una estructura social similar a las poblaciones de Galápagos y Chile, con la tendencia a asociarse espacialmente en regiones específicas como en San Pedro Mártir.

2.- Las asociaciones de carácter social desplegadas por los cachalotes en el Golfo de California son en términos generales de mayor duración con respecto a las reportadas en otras regiones del océano.

3.- La determinación de los movimientos de unidades sociales de cachalote bien diferenciadas en el Golfo de California, es una herramienta útil para determinar tendencias y diferencias en el uso del hábitat de por lo menos algunas unidades sociales.

4.- Los movimientos y el elevado tiempo de residencia de diferentes unidades sociales en la región central del Golfo de California, demuestra la importancia de esta región para la población.

5.- Las diferentes unidades sociales presentan diferentes tendencias de movimientos a pequeña escala, diferenciando dos regiones de movimiento local, la ya reconocida zona de súper-agregaciones de San Pedro Mártir, y la región entre la Isla San José y la cuenca de Farallón, sugiriendo un posible uso diferencial del hábitat, como posible respuesta a la competencia generada en zonas de común agregación.

Recomendaciones

Se recomienda ampliar el esfuerzo de muestreo sobre todo para regiones fuera de San Pedro Mártir, especialmente hacia el norte de la región de las Grandes Islas donde el esfuerzo de muestreo es casi nulo.

Tener un pequeño catálogo de campo, con las fotografías de las aletas caudales de los individuos identificados dentro de unidades sociales, para darles un seguimiento preciso en caso de ser avistadas.

Se recomienda ampliamente relacionar este trabajo con estudios con base a análisis isotópicos y de repertorios vocales, con el fin de establecer relaciones entre individuos más allá de solo avistamientos.

Bibliografía

- ❖ Alexander, R.D. 1974. The evolution of social behavior. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 5: 325-383.
- ❖ Álvarez-Borrego, S. & J.R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California, 555-567. *En: Dauphin, J.P. & B. Simoneit (Eds). The Gulf and Peninsular Province of the Californias.* Masalai Press. 834 p.
- ❖ Álvarez-Torres, A.M. 2006. *Distinción de clanes de cachalote (Physeter macrocephalus) en el Golfo de California, mediante comparación de repertorios de codas.* Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. México. 92 p.
- ❖ Arnbom, T. 1987. Individual identifications of sperm whales. *Rep. Int. Whal. Comm.* 37:201-204.
- ❖ Aubin, D.J.St., T.G. Smith & J.R. Geraci. 1990. Seasonal epidermal molt in beluga whales, *Delphinapterus leucas.* *Can. J. Zool.* 68(2): 359-367.
- ❖ Baird, R.W. 2000. The killer whale, 127-153. *En: Mann, J., R. Connor, P. Tyack & H. Whitehead (Eds). Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales.* University of Chicago Press. 436 p.
- ❖ Baird, R.W. & L.M. Dill. 1996. Ecological and social determinations of group size in transient killer whales. *Behav. Ecol.* 7:408-416.
- ❖ Baird, R.W. & H. Whitehead. 2000. Social organization of mammal-eating killer whales: group stability and dispersal patterns. *Can. J. Zool.* 78: 2096-2105.

- ❖ Bejder, L., D. Fletcher & S. Brager. 1998. A method for testing association patterns of social animals, 122-130. *En: H. Whitehead (Ed). Analysing Animal Societies*. University of Chicago Press. E.U.A. 355 p.
- ❖ Bigg, M.A., P.F. Olesiuk, G.M. Ellis, J.F.K. Ford & K.C. Balcomb. 1990. Social organization and genealogy of resident killer whales (*Orcinus orca*) in the coastal waters of British Columbia and Washington State. *Rep. Int. Whal. Comm.* 12: 383-406.
- ❖ Brown, W.R., J.R. Geraci, B.D. Hicks, D.J. St. Aubin & J.P. Schroeder. 1983. Epidermal cell proliferation in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *Can. J. Zool.* 61: 1587-1590.
- ❖ Burnham, K.P. & D.R. Anderson. 2004. Multimodel inference. *Sociol. Method. Res.* 33(2): 261-304.
- ❖ Busquets-Vass, G. 2008. *Variabilidad de isótopos estables de nitrógeno y carbono en piel de ballena azul (Balaenoptera musculus)*. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. México. 88 p.
- ❖ Christal, J., H. Whitehead & E. Lettevall. 1998. Sperm whale social units: Variation and change. *Can. J. Zool.* 76:1431-1440.
- ❖ Clarke, M.R. 1976. Observation on sperm whale diving. *J. Mar. Biol.* 56: 809-810.
- ❖ Clarke, M. 1996. The role of cephalopods in the world's oceans: cephalopods as prey. *Philos. Trans. Biol. Sci.* 351: 1053-1065.
- ❖ Clarke, R. & O. Paliza. 2000. The Humboldt Current squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 35: 1-39.

- ❖ Clutton-Brock, T. & D. Lucas. 2011. The evolution of social philopatry and dispersal in female mammals. *Mol. Ecol.* DOI: 10.1111/j.1365-294X.2011.05232.x.
- ❖ Coakes A. & H. Whitehead. 2004. Social structure and mating system of sperm whales off northern Chile. *Can. J. Zool.* 82: 1360-1369.
- ❖ Connor, R.C. 2000. Group living in whales and dolphins, 199-218. *En:* Mann, J., R.C. Connor, P.L. Tyack & H. Whitehead (Eds). *Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. The University of Chicago Press. E.U.A. 436 p.
- ❖ Ersts, P.J. & H.C. Rosenbaum. 2003. Habitat preference reflects social organization of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on a wintering ground. *J. Zool.* 260: 337-345.
- ❖ Espinosa-Carreón, T. & E. Valdez-Holguín. 2007. Variabilidad interanual de clorofila en el Golfo de California. *Ecol. Apl.* 6: 1-2.
- ❖ Garrison, T. 2007. *Oceanography: An invitation to marine science*. Cengage Learning. E.U.A. 976 p.
- ❖ Gendron, D. 2000. Family Physeteridae, 635-637. *En:* Alvarez Castañeda, S.T. & J.L. Patton (Eds). *Mamíferos del Noroeste de México*. CIBNOR. México. 875 p.
- ❖ Gero, S. 2005. *Fundamentals of sperm whale societies: care for calves*. Tesis de Maestría en Ciencias. Dalhousie University. Canadá. 99 p.
- ❖ Gowans, S., B. Wursig & L. Karczmarski. 2008. The social structure and strategies of delphinids: predictions based on an ecological framework. *Adv. Mar. Biol.* 53: 195-294.

- ❖ Guerrero-de la Rosa, F. 2006. Análisis de la frecuencia y tipos de marcas en la aleta caudal de cachalotes del Golfo de México y Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 54 p.
- ❖ Guerrero-de la Rosa, F. 2008. *Variación en la dieta de los cachalotes del Golfo de California con base en isótopos estables de carbono y nitrógeno.* Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. Tesis de Maestría en Ciencias. México. 96 p.
- ❖ Hicks, B.D., D.J. St. Aubin, J.R. Geraci & W.R. Brown. 1985. Epidermal growth in the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. *J. Invest. Dermatol.* 85(1): 60-63.
- ❖ Jaquet, N. & D. Gendron. 2002. Distribution and relative abundance of sperm whales in relation to the environmental features, squid landings and the distribution of other cetacean species in the Gulf of California, México. *Mar. Biol.* 141:591-601.
- ❖ Jaquet, N. & D. Gendron. 2009. The social organization of sperm whales in the Gulf of California and comparisons with other populations. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 89(5): 975-984.
- ❖ Jaquet, N., D. Gendron & A. Coakes. 2003. Sperm whales in the Gulf of California: residency, movements, behavior, and the possible influence of variation in food supply. *Mar. Mammal Sci.* 19(3):545-562.
- ❖ Jaquet, N., J. Gordon & B. Wursig. 2005a. Sperm whales in the northern Gulf of Mexico: abundance, habitat use, and aspects of social organization. *En: Jochens, A.E. & D.C. Biggs (Eds). Sperm whale seismic study in the*

Gulf of Mexico, Summary Report, 2002-2004. Department of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA, OCS Study MMS 2004-067. 75-110.

- ❖ Jaquet N., D. Gendron, J. Gordon & B. Wursig. 2005b. *A new view of sperm whale social organization: potential influences of history, habitat and predation.* Plática presentada en la 16ta Conferencia Bienal sobre la Biología de los Mamíferos Marinos, San Diego, CA, USA.
- ❖ Jefferson, T.A., P.J. Stacey & R.W. Baird. 1991. A review of killer whale interaction with other marine mammals: Predation to co-existence. *Mamm. Rev.* 21: 151-180.
- ❖ Kasuya, T. & T. Miyashita. 1988. Distribution of sperm whale stocks in the North Pacific. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.* 20: 89-94.
- ❖ Markaida, U. 2006. Population structure and reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* from the Gulf of California after the 1997-1998 El Niño event. *Fish. Res.* 79(1-2): 28-37.
- ❖ Markaida, U. y O. Sosa-Nishizaki. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. *Fish. Res.* 54: 63-82.
- ❖ Markaida, U., C. Quiñónez-Velázquez & O. Sosa-Nishizaki. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* 66: 31-47.
- ❖ Moller, L.M. 2011. Sociogenetic structure, kind associations and bonding in delphinids. *Mol. Ecol.* DOI:10.1111/j.1365-294X.2011.05405.x

- ❖ Nesis, K.N. 1983. *Dosidicus gigas*, 215-231. *En: Boyle, P.R. (Ed). Cephalopod Life Cycles*. Academic Press. 475 p.
- ❖ Nevárez-Martínez, M.O., A. Hernández-Herrera, E. Morales-Bojórquez, A. Balmori-Ramírez, M.A. Cisneros-Mata & R. Morales-Azpeitia. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*; d'Orbiny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* 49: 129-140.
- ❖ Pitman, R.L. & S.J. Chivers. 1999. Terror in black and white. *Nat. Hist.* 107: 26-29.
- ❖ Pitman, R.L., L.T. Balance, S.I. Mesnick & S.J. Chivers. 2001. Killer whale predation on sperm whales: observations and implications. *Mar. Mamm. Sci.* 17: 494-507.
- ❖ Rendell, L. & H. Whitehead. 2003. Vocal clans in sperm whales (*Physeter macrocephalus*). *P. Roy. Soc. Lond. Biol. Sci.* 270: 225-231.
- ❖ Rice, D.W. 1989. Sperm whales (*Physeter macrocephalus*), 177-233. *En: Ridgway, S. H. & R. Harrison (Eds). Handbook of Marine Mammals. Volume 4: river dolphins and the larger toothed whales*. Academic Press. Reino Unido. 512 p.
- ❖ Ridgway, S.H. & R. Harrison. 1989. Handbook of Marine Mammals. *Volume 4: river dolphins and the larger toothed whales*. Academic Press. Reino Unido. 512 p.
- ❖ Robinson, C.J., J. Gómez-Gutiérrez & A.D. Salas-De León. 2012. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) landings in the Gulf of California related to remotely sensed SST and concentrations of chlorophyll *a* (1998-2012). *Fish. Res.* 137: 97-103.

- ❖ Roden, G.I. 1958. Oceanographic aspects of Gulf of California. *Symp. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Tulsa, Memories*. 3:30-58.
- ❖ Ruiz-Cooley, R.I., D. Gendron, S. Aguiñiga, S. Mesnick & J.D. Carriquiry. 2004. Trophic relationships between sperm whales and jumbo squid using stable isotopes of C and N. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 277: 275-283.
- ❖ Ruvalcaba-Márquez, J.C. 2010. *Movimiento a pequeña escala de *Physeter macrocephalus* en el Golfo de California por medio de foto-identificación*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 44 p.
- ❖ Santamaría-Del Ángel, E., S. Álvarez-Borrego & F.E. Muller-Karger. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *J. Geophys. Res.* 99: 7411-7421.
- ❖ Simpson, J.H., A.J. Souza & M.F. Lavín. 1994. Tidal mixing in the Gulf of California. *En: Beven, K.J., P.C. Chatwin & J.H. Millbank (Eds). *Mixing and Transport in the Environment**. Jhon Wiley & Sons. Reino Unido. 474 p.
- ❖ Wells, R.S., A.B. Irvine & M.D. Scott. 1980. The social ecology of inshore odontocetes, 263-317. *En: Herman, L.M. (Ed). *Cetacean Behavior: Mechanism and functions**. Krieger Pub Co. 480 p.
- ❖ Whitehead, H. 1990. Computer-assisted individual identification of sperm whale flukes. *Rep. Int. Whal. Comm.* 12: 71-77.
- ❖ Whitehead, H. 1997. Analyzing animal social structure. *Anim. Behav.* 53: 2053-1067.

- ❖ Whitehead, H. 2001. Analysis of animal movement using opportunistic individual identifications: Application to sperm whales. *Ecology*. 82(5): 1417-1432.
- ❖ Whitehead, H. 2003. *Sperm whale: social evolution in the ocean*. The University Chicago Press. E.U.A. 456 p.
- ❖ Whitehead, H. 2008. *Analysing Animal Societies*. University of Chicago Press. E.U.A. 335 p.
- ❖ Whitehead, H. 2009. SOCPROG programs: analysing animal social structures. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 63: 765-778.
- ❖ Whitehead, H. & B. Kahn. 1992. Temporal and geographic variation in the social structure of female sperm whales. *Can. J. Zool.* 70: 2145-2149.
- ❖ Whitehead, H. & L. Weilgart. 1991. Patterns of visually observable behavior and vocalizations in groups of female sperm whales. *Behaviour*. 118: 275-296.
- ❖ Whitehead, H. & L. Rendell. 2004. Movements, habitat use and feeding success of cultural clans of South Pacific sperm whales. *J. Anim. Ecol.* 73: 190-196.
- ❖ Whitehead, H., A. Coakes, N. Jaquet & S. Lusseau. 2008. Movements of sperm whales in the tropical Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 361: 291-300.
- ❖ Whitehead, H., R. Antunes, S. Gero, S. Wong, D. Engelhaupt & L. Rendell. 2011. Multilevel societies of female sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in the Atlantic and Pacific: Why are they so different?. *Int. J. Primatol.* DOI: 10.1007/s10764-012-9598-z.

- ❖ Wiszniewski, J., C. Brown & L.M. Moller. 2012. Complex patterns of male alliance formation in a dolphin social network. *J. Mammal.* 93(1): 239-250.

Anexos

Anexo I.- Relación de avistamientos de los individuos pertenecientes a la unidad 1.

| ID | Día | Mes | Año | Región |
|-----------|------------|------------|------------|-------------------|
| 5 | 23 | Septiembre | 1995 | Cuenca de Guaymas |
| 5 | 16 | Agosto | 1998 | San Pedro Mártir |
| 5 | 31 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 5 | 1 | Noviembre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 5 | 7 | Noviembre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 5 | 13 | Mayo | 2003 | Punta Lobos |
| 94 | 23 | Septiembre | 1995 | Cuenca de Guaymas |
| 94 | 27 | Julio | 1998 | San Pedro Mártir |
| 94 | 31 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 94 | 1 | Noviembre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 94 | 13 | Mayo | 2003 | Punta Lobos |
| 94 | 8 | Noviembre | 2008 | San Pedro Mártir |

Anexo 2.- Relación de avistamientos de la unidad 2.

| ID | Día | Mes | Año | Región |
|-----------|------------|------------|------------|------------------|
| 65 | 31 | Enero | 1997 | San Pedro Mártir |
| 65 | 3 | Agosto | 1997 | San Pedro Mártir |
| 65 | 7 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 65 | 8 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 65 | 20 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 65 | 26 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 65 | 30 | Abril | 2002 | San Pedro Mártir |
| 156 | 7 | Enero | 2002 | San Pedro Mártir |
| 156 | 8 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 156 | 20 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 156 | 26 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 205 | 7 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 205 | 8 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 205 | 20 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 205 | 26 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 205 | 30 | Abril | 2002 | San Pedro Mártir |
| 213 | 8 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 213 | 20 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 213 | 26 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 213 | 30 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 213 | 23 | Abril | 2009 | San Pedro Mártir |

| | | | | |
|-----|----|-------|------|------------------|
| 245 | 7 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 245 | 8 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 245 | 20 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 245 | 26 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 245 | 29 | Abril | 2003 | San Pedro Mártir |

Anexo 3.- Relación de avistamientos de la unidad 3.

| ID | Día | Mes | Año | Región |
|-----------|------------|------------|------------|--------------------|
| 16 | 20 | Mayo | 1999 | Cuenca de Farallón |
| 16 | 18 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 146 | 20 | Mayo | 1999 | Cuenca de Farallón |
| 146 | 18 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |

Anexo 4.- Relación de avistamientos de la unidad 4.

| ID | Día | Mes | Año | Región |
|-----------|------------|------------|------------|------------------|
| 57 | 18 | Junio | 1999 | San Pedro Mártir |
| 57 | 19 | Junio | 1999 | San Pedro Mártir |
| 57 | 5 | Mayo | 2002 | San Carlos |
| 57 | 20 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 57 | 7 | Mayo | 2003 | San Pedro Mártir |
| 107 | 19 | Junio | 1999 | San Pedro Mártir |
| 107 | 20 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 107 | 7 | Mayo | 2003 | San Pedro Mártir |
| 183 | 19 | Junio | 1999 | San Pedro Mártir |
| 183 | 18 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 183 | 20 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 183 | 7 | Mayo | 2003 | San Pedro Mártir |

Anexo 5.- Relación de avistamientos de la unidad 5.

| ID | Día | Mes | Año | Región |
|-----------|------------|------------|------------|------------------|
| 362 | 28 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 362 | 26 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 362 | 28 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 362 | 3 | Marzo | 2009 | San Pedro Mártir |
| 398 | 28 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 398 | 26 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 398 | 28 | Octubre | 2004 | San Pedro Mártir |
| 398 | 21 | Noviembre | 2008 | San Pedro Mártir |

| | | | | |
|-----|----|-----------|------|------------------|
| 398 | 11 | Marzo | 2009 | San Pedro Mártir |
| 410 | 28 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 410 | 26 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 410 | 28 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 410 | 21 | Noviembre | 2008 | San Pedro Mártir |
| 418 | 28 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 418 | 26 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 418 | 28 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 418 | 22 | Noviembre | 2008 | San Pedro Mártir |
| 418 | 3 | Marzo | 2009 | San Pedro Mártir |
| 418 | 11 | Marzo | 2009 | San Pedro Mártir |
| 421 | 28 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 421 | 28 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 421 | 21 | Noviembre | 2008 | San Pedro Mártir |
| 421 | 9 | Marzo | 2009 | San Pedro Mártir |
| 421 | 11 | Marzo | 2009 | San Pedro Mártir |
| 440 | 28 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 440 | 26 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 440 | 9 | Marzo | 2009 | San Pedro Mártir |
| 455 | 28 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 455 | 28 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 489 | 28 | Octubre | 2002 | San Pedro Mártir |
| 489 | 26 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |
| 489 | 28 | Octubre | 2004 | Isla Tortuga |

Anexo 6.- Relación de avistamientos de la unidad 6.

| ID | Día | Mes | Año | Región |
|-----------|------------|------------|------------|------------------|
| 217 | 17 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 238 | 17 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 238 | 1 | Mayo | 2003 | San Pedro Mártir |
| 250 | 17 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 250 | 4 | Abril | 2009 | San Pedro Mártir |
| 253 | 17 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 256 | 17 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 275 | 17 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 275 | 1 | Mayo | 2003 | San Pedro Mártir |

Anexo 7.- Relación de avistamientos de la unidad 7.

| ID | Día | Mes | Año | Región |
|-----------|------------|------------|------------|------------------|
| 208 | 6 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 208 | 26 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 208 | 29 | Abril | 2003 | San Pedro Mártir |
| 208 | 30 | Abril | 2003 | San Pedro Mártir |
| 210 | 6 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 210 | 26 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 247 | 6 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 247 | 26 | Mayo | 2002 | San Pedro Mártir |
| 247 | 30 | Abril | 2003 | San Pedro Mártir |

Anexo 8.- Relación de avistamientos de la unidad 8.

| ID | Día | Mes | Año | Región |
|-----------|------------|------------|------------|--------------------|
| 505 | 16 | Mayo | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 505 | 27 | Enero | 2005 | Isla San José |
| 521 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 521 | 27 | Febrero | 2005 | Isla San José |
| 543 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 543 | 27 | Enero | 2005 | Isla San José |
| 544 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 545 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 550 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 550 | 27 | Enero | 2005 | Isla San José |
| 553 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 556 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 556 | 27 | Enero | 2005 | Isla San José |
| 562 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 562 | 27 | Enero | 2005 | Isla San José |
| 574 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 574 | 27 | Enero | 2005 | Isla San José |
| 575 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |
| 575 | 27 | Enero | 2005 | Isla San José |
| 931 | 25 | Abril | 2003 | Cuenca de Farallón |