



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**VARAMIENTO DE MAMÍFEROS MARINOS EN
ISLA MAGDALENA, B.C.S., MÉXICO Y SU
RELACIÓN CON FACTORES FÍSICOS Y
BIOLÓGICOS**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

MILENA MERCURI

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

OCTUBRE 2007



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

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

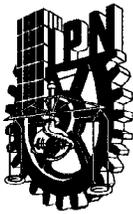
En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 01 del mes Octubre del año 2007, el (la) que suscribe MILENA MERCURI alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B051196 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. DAVID AURIOLES GAMBOA y cede los derechos del trabajo titulado: "VARAMIENTO DE MAMÍFEROS MARINOS EN ISLA MAGDALENA, B.C.S., MÉXICO Y SU RELACIÓN CON FACTORES FÍSICOS Y BIOLÓGICOS" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

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

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

MILENA MERCURI

nombre y firma



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 29 del mes de Agosto del 2007 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"VARAMIENTO DE MAMÍFEROS MARINOS EN ISLA MAGDALENA, B.C.S., MÉXICO Y SU RELACIÓN CON FACTORES FÍSICOS Y BIOLÓGICOS"

Presentada por el alumno:

MERCURI

Apellido paterno

materno

MILENA

nombre(s)

Con registro:

B	0	5	1	1	9	6
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL


DR. DAVID ALBROLES GAMBOA

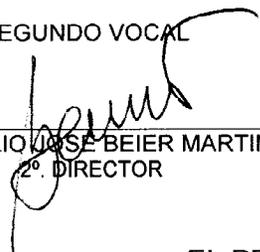
PRESIDENTE


DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ

SECRETARIO


DR. EDGARDO MAURICIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

SEGUNDO VOCAL


DR. EMILIO JOSÉ BEIER MARTÍN
2º. DIRECTOR

TERCER VOCAL


DRA. LAURA SÁNCHEZ VELASCO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



L. P. N.
CICIMAR
DIRECCION

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) por darme la oportunidad de realizar los estudios de maestría en la institución.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) por las becas otorgadas durante la realización de mis estudios.

Al proyecto SEP-CONACyT 46806 titulado “Relaciones tróficas del ecosistema de la zona de transición templado-tropical: Calibración entre análisis estomacal e isótopos estables de Carbono y Nitrógeno” por financiar la logística que permitió la obtención de datos utilizados en este estudio.

Al proyecto SEP-CONACyT-2003-C02-42941/A-1 titulado “Dinámica, Termodinámica y Producción Primaria de la Corriente Costera Mexicana” por la beca otorgada y por la participación del Dr. Emilio Beier.

A la Unidad La Paz del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) por el uso de sus instalaciones.

Al Laboratorio de Edad y Crecimiento de CICIMAR-IPN por brindarme los datos de las capturas de sardinas en el área de Bahía Magdalena.

A la American Cetacean Society/Monterrey Bay y a la Cetacean Society International por los apoyos económicos brindados.

A mis directores de tesis Dr. David Auriol Gamboa y Dr. Emilio Beier por ser los pilares de mis estudios. Gracias David por la oportunidad que me diste de trabajar a tu lado, para mi eres un ejemplo a seguir y te admiro

muchísimo. Emilio, te agradezco profundamente el tiempo dedicado y la paciencia, se que no fue fácil transmitirme tus conocimientos pero creo que hicimos un buen equipo. Fue un honor trabajar con ambos y quiero agradecerles también todos los apoyos económicos y morales que me dieron en momentos difíciles.

Al comité revisor: Dra. Laura Sánchez Velasco, Dr. Francisco Arreguín Sánchez y Dr. Mauricio Ramírez Rodríguez por sus comentarios y correcciones que colaboraron en la mejora de este trabajo.

Al PhD. Edward O. Keith por todo su apoyo y aliento.

A Victor de la Toba y familia y a todo el grupo tortuguero de López Mateos por la toma de datos en campo.

A mis compañeros de laboratorio que ya no están: Diana, Sandie, Xavier y Larissa, gracias por los divertidos momentos que pasamos en el laboratorio y por toda la ayuda que me brindaron.

A mis compañeros de laboratorio actuales: Diego, Alma, Nereida, Trini, Judith y Paola, por la compañía de cada día, y a Fernando especialmente por ser un compañero y amigo muy valioso, gracias Fer por todo tu apoyo y amistad.

A mis amigos Alejandra, Alfredo, Benito, Caty, Mara, Peter, Perú, Anibal, Axel, Arturo Vertiz, Mario y especialmente a Geraldine mi gran amiga, gracias por todos los momentos compartidos y por siempre estar ahí, en las buenas y en las malas.

A mis amigos de los sábados, principalmente Luís y Denise, por esas divertidas, constructivas e inolvidables carnes asadas.

A mis amigos de Argentina: Caro, Meli, Mariu, Ari, Leti, Pali, Vivi, Nati...gracias por haber sido parte de mi vida y seguir ahí a pesar del tiempo, las quiero mucho a todas y las sigo extrañando cada día.

A mi familia "adoptiva": Emi, Mauro, Giorgio y Aurora, les agradezco de corazón todo lo que han hecho por mí, su ayuda fue indispensable para mi desarrollo y cada momento compartido con ustedes es una alegría.

A mi familia: Papá, Mamá, Dari, Nacho y Juana, gracias por todo. Este logro es gracias a ustedes, a todo su apoyo y a los valores que me inculcaron que me permitieron recorrer este camino con éxito, los amo muchísimo. También les quiero agradecer a mis tíos, tías, primos y primas que me han acompañado siempre y a mis abuelos y abuelas (aunque ya no estén) que fueron siempre un ejemplo para mí.

Y finalmente a vos mi amor, que si no te hubieras aventurado conmigo en esta historia este trabajo no existiría. Por eso quiero dedicarte esta tesis, porque tras ella están puestos todos nuestros sueños, anhelos e ilusiones. Gracias por ser el hombre que sos y por hacerme la mujer más feliz y afortunada cada día.

ÍNDICE

Lista de Figuras.....	III
Lista de Tablas	VII
Glosario.....	VIII
Resumen.....	XI
Abstract.....	XII
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	4
3. Justificación.....	7
4. Hipótesis.....	8
5. Objetivos.....	8
6. Metodología	
6.1. Área de estudio.....	9
6.2. Muestreo en el campo.....	11
6.3. Análisis de datos.....	12
6.3.1. Frecuencia y abundancia.....	12
6.3.2. Riqueza y diversidad.....	12
6.4. Varamientos con evidencias de interacción antropogénica.....	13
6.5. Variables ambientales (físicas y biológicas) y su relación con los varamientos.....	14
6.6. Relación entre los varamientos y los patrones migratorios y de residencia de las especies.....	19
7. Resultados	
7.1. Información sobre varamientos.....	20

7.1.1. Frecuencia y abundancia.....	20
7.1.2. Riqueza y diversidad.....	21
7.2. Varamientos con evidencias de interacción antropogénica.....	28
7.3. Variables ambientales (físicas y biológicas) y su relación con la tasa mensual de varamientos.....	33
7.4. Relación entre los varamientos y los patrones migratorios y de residencia de las especies.....	44
8. Discusión.....	55
8.1. Información sobre varamientos	
8.1.1. Frecuencia y abundancia.....	55
8.1.2. Riqueza y diversidad.....	56
8.2. Varamientos con evidencias de interacción antropogénica.....	58
8.3. Variables ambientales (físicas y biológicas) y su relación con la tasa mensual de varamientos.....	63
8.4. Relación entre los varamientos y los patrones migratorios y de residencia de las especies.....	67
Pinnípedos.....	67
Odontocetos.....	73
Misticetos.....	80
9. Conclusiones.....	84
10. Recomendaciones.....	86
11. Bibliografía.....	87
Anexo 1.....	101
Anexo 2.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio en Playa Occidental de Isla Magdalena.....	9
Figura 2. Ecosistema adyacente a la zona de estudio de donde se obtuvieron las observaciones satelitales.....	15
Figura 3. Frecuencia de varamientos durante los meses del año desde julio 2003 a julio 2006 y su promedio.....	21
Figura 4. Frecuencia de varamientos para las todas las especies registradas en los 3 años de muestreo.....	23
Figura 5. Proporción de especies en los varamientos.....	24
Figura 6. Varamientos de todas las especies en los 3 años de estudio para los distintos meses del año.....	25
Figura 7. Varamientos de todas las especies menos <i>Zalophus californianus</i> en los 3 años de estudio para los distintos meses del año.....	25
Figura 8. Riqueza y diversidad para julio-diciembre 2003.....	26
Figura 9. Riqueza y diversidad para el 2004.....	26
Figura 10. Riqueza y diversidad para el 2005.....	27
Figura 11. Riqueza y diversidad para enero - julio 2006.....	27
Figura 12. Índice de diversidad de Shannon-Wiener y riqueza específica mensual para los 3 años de estudio (no se tuvo en cuenta el mes de julio 2003 de manera que todos los meses estuvieran representados sólo 3 veces).....	28
Figura 13. Temporalidad de los varamientos con evidencias de interacción antropogénica.....	31
Figura 14. Número de animales detectados con marcas de enmalle y su estado de descomposición.....	32

Figura 15. Ajuste estacional de las observaciones de la tasa mensual de varamientos.....	34
Figura 16. Ajuste estacional del índice de surgencias para la región de Bahía Magdalena.....	35
Figura 17. Ajuste estacional de los datos de concentración de clorofila en el área de estudio.....	35
Figura 18. Ajuste estacional de los datos de temperatura superficial del mar en el área de estudio.....	36
Figura 19. Ajuste estacional de los datos de captura de sardina para la región de Bahía Magdalena.....	36
Figura 20. Evolución estacional de todas las variables normalizadas.....	37
Figura 21. Correlación entre los residuos a la escala estacional de los varamientos y el MEI ($r = 0.54$, $p = 0.001$).....	39
Figura 22. Componentes principales: series de tiempo, también se indican los resultados obtenidos al correlacionar cada una con el MEI.....	40
Figura 23. Parte interanual extraída de los residuos al ciclo estacional reconstruida con la componente 1 y 4 del ACP.....	41
Figura 24. Modelo estadístico total y su varianza explicada (VE) para cada variable.....	42
Figura 25. Residuos no explicados del modelo estadístico total (VNE= varianza no explicada).....	43
Figura 26. Influencia relativa de cada componente en los varamientos durante julio 2003 a julio 2006.....	44

Figura 27. Censos mensuales del lobo marino de California en Isla Margarita durante 1984 (Aurioles-Gamboa, datos no publicado ¹) y el número de individuos de la misma especie varados en Isla Magdalena (promedio para los tres años de estudio).....	46
Figura 28. Correlación entre el número de lobos marinos contados en Isla Margarita durante los censos mensuales en 1984 y el número de lobos marinos registrados en los varamientos.....	46
Figura 29. Frecuencia de varamientos de las distintas categorías de edad y sexo del lobo marino de California.	47
Figura 30. Frecuencia de varamientos de la foca común (<i>Phoca vitulina richardsi</i>).....	48
Figura 31. Varamientos de adultos y juveniles de la foca común (<i>Phoca vitulina richardsi</i>) para los tres años de muestreo acumulados.....	49
Figura 32. Frecuencia de varamientos del elefante marino del norte (<i>Mirounga angustirostris</i>).....	50
Figura 33. Frecuencia de varamientos del delfín común de rostro largo (<i>Delphinus capensis</i>).....	51
Figura 34. Frecuencia de varamientos del delfín común de rostro corto (<i>Delphinus delphis</i>).....	52
Figura 35. Frecuencia de varamientos de <i>Delphinus sp.</i>	53
Figura 36. Frecuencia de varamientos del delfín nariz de botella (<i>Tursiops truncatus</i>).....	54
Figura 37. Observaciones climatológicas (hexagramas) y su ajuste estacional (línea continua). Panel superior izquierdo, varamientos del lobo marino de California. Panel	

superior derecho, censos de la misma especie (datos del año 1984, en Isla Margarita). Panel inferior, correlación de los ajustes.....65

Figura 38. Frecuencia relativa de los avistamientos de *Delphinus delphis* (negro) y *Delphinus capensis* (blanco) por latitud en la costa occidental de Baja California, modificado de Valles Jiménez (1998).....74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estado de descomposición de los organismos y sus respectivas características.....	12
Tabla 2. Número de mamíferos marinos varados en la playa occidental de Isla Magdalena desde julio del 2003 hasta julio del 2006.....	20
Tabla 3. Especies de mamíferos marinos identificadas en los varamientos, con N= número de individuos varados de cada especie y su % con respecto al total de varamientos.....	22
Tabla 4. Varamientos registrados con marcas de interacción antropogénica.....	29
Tabla 5. Especies registradas con marcas de interacción antropogénica, tipos de marca y sus porcentajes.....	30
Tabla 6. Número de animales con marcas de interacción antropogénica y su proporción con respecto al total aplicando los distintos criterios de selección de la muestra.....	33
Tabla 7. Parámetros del ajuste estacional y sus errores.....	34
Tabla 8. Relación de fases del ciclo estacional y sus diferencias con respecto al índice de surgencias.....	38
Tabla 9. Lista de especies de mamíferos marinos y su presencia estacional para el área adyacente a Bahía Magdalena. Los cuadros grises significan la presencia de la especie durante la estación indicada. Los cuadros en blanco implican la ausencia de la especie o carencia de información. La V en los cuadros significa que la especie se registró varada durante esa temporada en el presente estudio.....	45

GLOSARIO

Amplitud: ver armónico anual.

Armónico anual: función senoidal de la forma $F = A_a \cos(\omega_a t - \varphi_a)$ que se entiende de la siguiente manera, la función ondulatoria F alcanza su máximo (la **amplitud** A_a) en el instante de tiempo en que $\omega_a t$ es igual a la **fase** anual φ_a y

$\omega_a = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{365.25 \text{ días}}$ donde T es el período anual en días del año a partir de la cual la onda se repite en el tiempo t .

Armónico semianual: Idem armónico anual con $\omega_s = \frac{2\pi}{182.625} = \frac{2\pi}{T_s}$

Cetáceos: Mamíferos del orden Cetácea, que se divide en Mysticetos (Cetáceos con barbas como las ballenas) y Odontocetos (cetáceos con dientes como los delfines).

Climatología: Evolución anual de los promedios mensuales de una variable. Cada promedio mensual se obtiene como el promedio de todas las observaciones realizadas en un determinado mes para años distintos.

Enmalle: Toma lugar cuando un animal se enreda o queda atrapado en un determinado arte de pesca, generalmente redes de monofilamento. Si logra liberarse puede llevarse consigo restos de la misma.

Fase: ver armónico anual.

Hábitat: Espacio que reúne las características físicas y biológicas necesarias para la supervivencia y reproducción de una especie, o varias.

Hábitat funcional: Se refiere a un hábitat (ver anterior) temporal para especies migratorias.

Índice de surgencias: Índice basado en estimaciones del transporte de Ekman hacia fuera de la costa debido a la acción del esfuerzo del viento geostrófico en la superficie del océano.

MEI (Índice multivariado del ENSO): Índice que se utiliza para monitorear el fenómeno de El Niño/ Oscilación del Sur (ENSO) basándose en 6 variables del Océano Pacífico: presión atmosférica a nivel del mar; componentes del viento superficial zonal y meridional; temperatura superficial del mar, temperatura superficial del aire y fracción total de nubosidad del cielo.

Migración: Movimiento direccional de periodicidad regular en el cual los animales regresan al punto de origen.

Pinnípedos: Del latín *pinna* (aleta) y *pedis* (pie). Grupo de mamíferos carnívoros acuáticos generalmente marinos que incluye a las focas, lobos marinos, lobos de pelo fino y morsas en los cuales las extremidades se presentan como aletas.

Poliginia: Sistema de apareamiento en donde un macho se aparea con más de una hembra durante la temporada reproductiva.

Tasa mensual de varamientos: Razón del número de varamientos por mes, definida como $\frac{dN_v}{dt}$, donde dN_v = No de varamientos y dt = un mes.

Varamiento: Se considera varado a cualquier mamífero marino que se encuentre muerto en la playa o flotando cerca de ella; cualquier cetáceo vivo que se encuentre en la playa o en aguas tan someras que le sea imposible liberarse por si mismo; o

cualquier pinnípedo vivo que no sea capaz o no esté dispuesto a abandonar la costa, ya sea por encontrarse herido o en malas condiciones de salud.

Plataforma continental: Margen sumergido del continente que se extiende mar adentro hasta una profundidad aproximada de 200 m.

Surgencia costera: Movimiento ascendente de las aguas sub-superficiales hacia la superficie del océano y compensado por un flujo superficial hacia fuera de la costa.

Zona de distribución simpátrica: Área geográfica donde coexisten dos o más especies.

RESUMEN

Los varamientos de mamíferos marinos son una importante fuente de información sobre la biología de las especies y del ecosistema en el que habitan, ya que los organismos reflejan condiciones de su ambiente como la contaminación, la productividad, la actividad pesquera, etc. Investigaciones previas además sugieren que los varamientos son un reflejo de la dinámica poblacional de las especies. En la costa occidental de la Península de Baja California se encuentra la Isla Magdalena, cuya playa que colinda con el Océano Pacífico se caracteriza por poseer una alta incidencia de varamientos de mamíferos marinos hasta ahora no estudiados. El objetivo del presente estudio es analizar la variación estacional en la abundancia y diversidad de estos varamientos y su posible relación con factores ambientales, pesquerías y patrones de residencia de las especies en la zona. Por otra parte, se pretende aportar información sobre la poca conocida estructura de la comunidad de mamíferos marinos en el área. Para ello se utilizó una base de registros de varamientos semanales que va desde julio del 2003 hasta julio del 2006, la cual incluye un total de 602 varamientos, pertenecientes a 15 especies (3 de pinnípedos, 9 de odontocetos y 3 de misticetos) que representan el 42 % de las especies reportadas para la región por la literatura. El lobo marino de California (*Zalophus californianus*) fue la más abundante con el 57 % de los varamientos. El 4 % de los individuos varados presentaron marcas de interacción antropogénica, como mutilación de aleta caudal, marcas de redes de enmalle, orificio de bala y traumatismo craneal. Veintidós individuos de este grupo (85 %) se encontraron en los meses de verano, coincidiendo con la época en que operan las pesquerías de lenguado, pierna, jurel, verdillo, roncacho, sierra y corvina. Bajo la hipótesis de que los varamientos de mamíferos marinos están asociados a ritmos de productividad del ecosistema en el que habitan, se utilizaron las siguientes variables para su análisis: índice de surgencias; concentración de clorofila "a"; temperatura superficial del mar y capturas de sardina en Bahía Magdalena. Las variables seleccionadas son independientes y cada una describe un proceso físico o biológico por separado. Tanto la tasa de varamientos, como los factores físicos y biológicos mostraron una estacionalidad muy marcada. Todas las variables quedaron acopladas por su relación de fases describiendo la progresión y dinámica del sistema ecológico, por lo que se realizó un modelo estacional conceptual. Para los varamientos el ciclo estacional explicó el 80% de la varianza. Los residuos a la componente estacional se explicaron en gran medida por su correlación con eventos interanuales, de manera que la varianza total explicada por el modelo resultó ser de un 93%. Estos resultados sugieren que el ritmo e intensidad de los varamientos en la zona pueden explicarse como un reflejo de la abundancia-mortalidad de mamíferos marinos en el área, relacionada a su vez, a los pulsos de productividad del ecosistema marino adyacente.

ABSTRACT

Marine mammal strandings are a very important source of information about the species and the ecosystem where they live, because the organisms reflect environmental conditions associated to pollution, productivity, interaction with fisheries, etc. Previous researches also suggest that marine mammal strandings may provide indications of the population dynamics. Magdalena Island, on the western coast of the Baja California Peninsula, is the scenario of abundant marine mammal strandings; however these beachings have not been studied until now. The general objective of this study is to analyze the seasonal abundance and diversity of the strandings and its potential relation with environmental factors, commercial fisheries and the pattern of presence and abundance of species in the area. We also expect to contribute with information about the diversity of marine mammals in the region. We have a database with weekly records of all the strandings events since July 2003 to July 2006. We registered 602 strandings including 15 marine mammal species (3 pinnipeds, 9 odontocetes and 3 mysticetes) which represent the 42% of the recorded species in the area. The California sea lion (*Zalophus californianus*) was the most abundant species with 57% of the strandings. 4 % of the stranded individuals showed signs of human interactions such as fluke mutilation, scars of entanglement in fishing gear, gunshots and cranial traumatism. Twenty-two of these cases (85 %) occurred in summer, coinciding with the time when the flatfish, ocean whitefish, jacks, sand bass, black croaker, sierra and corvine fisheries are operating. Under the hypothesis that marine mammal strandings are associated to productivity rhythms from the ecosystem where they live, we used the following variables for it analysis: upwelling index; chlorophyll pigment concentrations; sea surface temperature and data of the sardine captures in Magdalena Bay. All the selected variables are independent and describe a physical or biological process. Both strandings and the physical and biological factors show a strong seasonality. All the variables were coupled by their phase relation describing the progression and the dynamics of the ecosystem, so we designed a seasonal model. For the strandings, the seasonal cycle explained 80% of the variance. The seasonal components residuals were explained mostly by their correlation with inter-annual events, so the total variance explained by the model finally was 93%. These results suggest that the strandings rhythm and intensity in the study area can be explained as a reflection of the marine mammal abundance-mortality in the region, which in turns is related to the productivity peak of the adjacent marine ecosystem.

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la diversidad de los mamíferos marinos en aguas mexicanas es un aspecto importante para la definición de políticas de conservación y manejo. En México se encuentran presentes 35 especies de cetáceos, 4 de pinnípedos y 1 de sirenio. De estos podemos encontrar en la costa del Pacífico oriental 8 especies de misticetos, 24 de odontocetos y las 4 de pinnípedos. El 20 % de las especies de cetáceos en México son conocidas gracias a registros de varamientos (Aurioles Gamboa, 1993).

Durante años, los varamientos han aportado información sobre la presencia o ausencia de las especies de mamíferos marinos en las aguas de todo el mundo, de esta forma nos han dado una idea de su distribución. Los varamientos a su vez, proveen datos sobre la biología, fisiología, morfometría, genética, patologías y alimentación de los organismos (Wilkinson y Worthy, 1999), y hasta han permitido estudios taxonómicos que han llevado a la descripción de nuevas especies.

La presencia de animales varados, asimismo, puede servir como indicador de impactos ambientales y antropogénicos como lo son, por ejemplo, los derivados de la contaminación o del efecto de actividades pesqueras. El examen de animales varados puede proveer información sobre estas interacciones ya que en los organismos es posible identificar marcas que indican enmalle en artes de pesca, colisión con embarcaciones, disparos y mutilación de aletas (Read y Murray, 2000) así como derrames de petróleo o intoxicación por ácido domoico (Grieg *et al.*, 2005).

En la costa occidental de la Península de Baja California se localiza la Isla Magdalena, cuya playa que colinda con el Océano Pacífico se caracteriza por poseer una alta incidencia de varamientos hasta ahora no estudiados. Esta isla se encuentra en la zona de transición templado-tropical (ZTTT) en la que el flujo de la Corriente de California (CC) en su límite sur (alrededor de los 24-25° N) se desvía hacia el oeste y se une con la Corriente Norecuatorial (Lynn y Simpson, 1987, Moser *et al.*, 1987). Estas condiciones oceanográficas resultan en el

ensamble de varios tipos de fauna, donde se encuentran mezclas de especies de características templadas y características tropicales (Moser *et al.*, 1987).

Así mismo, la ZTTT, se caracteriza por su alta productividad biológica generada por surgencias y por el sistema frontal de Baja California Sur, lo que favorece el reciclamiento de materiales y energía que influyen la costa y el mar oceánico adyacente (Lluch-Belda *et al.*, 2003; Etnoyer *et al.*, 2004). Esta zona ha sido descrita como un Centro de Actividad Biológica (BAC), reconociéndose como un área de gran relevancia ecológica y pesquera (Lluch-Belda, 2000).

A esto hay que sumarle que la región es una de las más importantes en términos de conservación biológica marina de México, ya que constituye uno de los extremos de un circuito migratorio de enorme relevancia para la supervivencia de tortugas (Nichols *et al.*, 2000), elefantes y lobos marinos (Peterson y Bartholomew, 1967; Le Boeuf y Laws, 1994) y de varias especies de grandes cetáceos, como la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) (Rice y Wolman, 1971), la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) (Gendron, 2002; Etnoyer *et al.*, 2004) y la jorobada (*Megaptera novaeangliae*) (Urbán, 2001); todas especies protegidas que ocupan el área para alimentarse o reproducirse (región 4 de CONABIO; Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998).

La región de la plataforma continental en la ZTTT, es quizás una de las pocas áreas abundantes en recursos naturales escasamente explotados en el mundo. Esto ha generado expectativas y estudios que impulsan el desarrollo de un "Corredor Industrial, Pesquero y Acuícola" en esta región de México (Casas-Valdez y Ponce-Díaz, 1996). Actualmente, en la zona de Bahía Magdalena se desarrollan las pesquerías de camarón azul (*Panaeus stylirostris*) y camarón café (*P. californiensis*), almeja catarina (*Argopecten circularis*), sardina (principalmente sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), además sardina crinuda (género *Opisthonema*), sardina japonesa (*Etrumeus teres*), sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*) y macarela (*Scomber japonicus*)), langosta roja (*Panulirus interruptus*), azul (*P. inflatus*) y verde (*P. gracilis*), escama (principalmente peces de fondo) y tiburón (especies de los géneros *Mustelus*, *Carcharhinus*, *Alopias*, *Sphyrna* y *Squatina*) (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998) organizadas en cooperativas,

privados y libres. Sin embargo, considerando la gran potencialidad pesquera de la ZTTT, no es difícil suponer que en el futuro se promueva una extracción más intensa y con nuevas especies objetivo como por ejemplo la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) (Kato, 1974; Aurióles *et al.*, 1995).

Una forma de realizar el seguimiento de la calidad ambiental y detectar así posibles deterioros, ya sea por causas antropogénicas o naturales, es mediante el estudio de algunas especies marinas que son utilizadas como bio-indicadores de condiciones específicas del ecosistema (Aurióles *et al.*, 2000). Particularmente los mamíferos marinos, como el lobo marino de California, son reconocidos como especies apropiadas ya que indican la presencia y abundancia de ciertos recursos marinos, niveles de contaminación y de la intensidad con que se presentan eventos interanuales como El Niño (Aurióles y Le Boeuf, 1991; Lowry *et al.*, 1991; Lieberg *et al.*, 1995).

Es por esto que, teniendo en cuenta que los mamíferos marinos pueden darnos información sobre el ecosistema en el que habitan, el estudio de la frecuencia, abundancia y diversidad de los varamientos en Isla Magdalena nos ayuda a entender cual es la relación entre la dinámica de estos varamientos con ciertos factores ambientales y con los patrones de migración y residencia de las especies involucradas. De esta manera podemos observar si los varamientos son reflejo natural de la abundancia y diversidad en el área o reflejan algún estado de anomalía del medio, lo que es imprescindible teniendo en cuenta la importancia de la región en la definición de políticas de conservación y manejo.

2. ANTECEDENTES

La literatura sobre varamientos es muy amplia y se puede dividir en 4 tópicos principales: 1) los varamientos masivos *in situ* y sus posibles causas; 2) la ocurrencia de especies en zonas fuera de lo habitual; 3) la descripción de nuevas especies; y por último 4) los varamientos en general, que son los trabajos que analizan causas, patrones y tendencias de estos eventos. En este último punto puede enmarcarse este trabajo.

Mead (1979), realizó un análisis de 1078 registros de varamientos de cetáceos a lo largo de la costa este de los Estados Unidos, y encontró que el tamaño de una población en un área dada y su tasa de mortalidad contribuyen directamente a la abundancia relativa de los varamientos registrados para cada especie. Añade que esta abundancia estará sujeta a las variaciones estacionales, resultando en cambios regulares de la misma y concluye que la interacción de ambos factores puede ser responsable de patrones aparentemente anómalos en los registros de varamientos.

De la misma forma, Sergeant (1982) analiza los varamientos masivos de algunas especies de odontocetos y concluye que estos eventos ocurren cuando las poblaciones tienen altas densidades y no cuando son pequeñas, lo que significa que la frecuencia de los varamientos masivos es denso-dependiente. Estos varamientos resultan de grupos de animales que se congregan en las aguas costeras cuando la población es muy abundante. Así mismo deduce que la ocurrencia de varamientos masivos se da en los centros del rango de distribución de una especie y no en su periferia.

Wiley *et al.* (1995) informan sobre varamientos y mortalidad de la ballena jorobada en las costas del centro y sureste Atlántico de Estados Unidos en el período de 1985-1992, mencionan que esta especie no era frecuentemente observada en esta zona y que la cantidad de varamientos registrados en este período podría ser un indicativo de que la población de ballena jorobada del Atlántico Norte estuviese creciendo y expandiendo su rango de distribución.

Además mencionan que todos los organismos encontrados eran juveniles y alrededor del 60 % mostraban signos de colisión con embarcaciones o enmalle en redes de pesca.

Hanni *et al.* (1997) reportaron nueve varamientos y cinco avistamientos del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*) en la región centro y norte de California en los años 1988 a 1995, y mencionan el hecho de que la población de esta especie se encuentre en incremento, determina que los varamientos comiencen a ser más frecuentes. Estos autores hacen notar que 10 de los 14 registros fueron observados durante los años 1991-1993, influenciados por el evento de El Niño donde la temperatura superficial del mar se elevó en el norte de California.

En otro estudio, López *et al.* (2002) midieron la tendencia en los varamientos y la captura incidental de mamíferos marinos en el noroeste de España durante la década de los noventa y resaltan el hecho de que las migraciones estacionales de las diferentes especies llevan a una mayor densidad de organismos cerca de la costa en ciertas temporadas, lo que se ve reflejado en la abundancia de varamientos de dichas especies. También mencionan que los cambios estacionales en el tipo, intensidad y ubicación de las pesquerías determinan el número de organismos que resultan afectados por la interacción con esta actividad.

En los Estados Unidos de América, desde finales de los años ochenta, la preocupación por los varamientos de mamíferos marinos ha ido creciendo enormemente. En 1992 se formaliza el "Marine Mammal Health and Stranding Response Program" como parte del acta de protección de los mamíferos marinos y la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) queda como encargada de la coordinación de las actividades relacionadas a los varamientos (NOAA, 2000). Gracias a esto la información sobre varamientos en ese país es bastante amplia y sistemática.

En México, se han realizado escasos estudios sobre la incidencia de varamientos de mamíferos marinos, y estos se han enfocado en la mayoría de los

casos a describir eventos de varamientos masivos (Cockrum, 1956; Bryant, 1979; Patton, 1979; Gilmore, 1980; Aguayo *et al.*, 1986) ó varamientos de especies raras como los zífidos (Auriolles-Gamboa, 1992; Urbán y Auriolles, 1992; Urbán y Jaramillo, 1992). Es así que son pocos los trabajos que han abordado el tema analizando la frecuencia y temporalidad de los varamientos y que permitan, de esta forma, establecer patrones.

Para este tipo de análisis encontramos el trabajo de Rizo Díaz-Barriga (1990) en Bahía de La Paz, quien recopila la información de varamientos de cetáceos desde 1910 a 1989, contando un total de 151 individuos varados con una mayor frecuencia de varamientos en invierno y primavera. Esta temporalidad en los varamientos coincide con un mayor número de avistamientos de cetáceos en el mar para esa zona en estos períodos del año.

Otro estudio es el de Delgado-Estrella *et al.* (1994) quienes analizan los varamientos de mamíferos marinos durante primavera y otoño entre 1990 y 1993 en el norte del Golfo de California, registrando un total de 115 varamientos con mayor incidencia durante la primavera, no sólo en número de animales sino también en variedad de especies. A su vez reportan que en el 12% de los casos los animales mostraron indicios de que su muerte fue causada por efecto de la actividad humana.

Bravo *et al.* (2005) analizan la frecuencia y abundancia de varamientos de mamíferos marinos en la costa occidental de la Península de Baja California, específicamente en Bahía Todos Santos, Ensenada. En su estudio registran un total de 153 animales varados entre 1998 y 2001, con el 55 % de los registros en primavera. Identificaron 9 especies, siendo el lobo marino de California la más abundante (76%) y detectaron marcas de interacción antropogénica en el 17% del total de animales.

3. JUSTIFICACIÓN

Los varamientos de mamíferos marinos son una importante fuente de información sobre la diversidad de especies en una zona. Conocer el patrón de abundancia de los varamientos y su variación estacional nos indica la composición y variación temporal de la comunidad de estos organismos en el área.

Debido al escaso conocimiento de la estructura del ecosistema de la Zona de Transición Templado-Tropical, y en particular de la diversidad y abundancia de mamíferos marinos en el área, este trabajo aporta información acerca de la dinámica de los varamientos en Isla Magdalena y sobre el conocimiento de la diversidad de esta comunidad antes que se desarrollen pesquerías masivas en la región.

Así mismo, es importante entender la relación entre los factores físicos y biológicos del medio con el patrón temporal de varamientos, para poder así determinar la línea base entre los ciclos naturales de estos eventos y el diagnóstico de eventos de mortalidad extraordinarios en el área de estudio, ya sean por causas naturales o antropogénicas.

4. HIPÓTESIS

Los cambios temporales en la frecuencia y composición específica de varamientos estarán relacionados con:

1) El ecosistema adyacente representado por la evolución temporal de las variables: surgencias, clorofila "a", temperatura superficial del mar y abundancia de sardinas

y/o

2) Con los hábitos migratorios y de residencia de las especies.

5. OBJETIVOS

Objetivo general.

Determinar el patrón temporal de varamientos de mamíferos marinos en la costa occidental de Isla Magdalena, Baja California Sur, México y su relación con factores físicos y biológicos.

Objetivos particulares.

Determinar:

- La frecuencia y abundancia específica mensual y estacional de mamíferos marinos varados en el área.
- La riqueza y diversidad mensual y estacional de estos varamientos.
- La posible influencia de factores ambientales en la frecuencia de varamientos como: temperatura superficial del mar; concentración de clorofila "a"; intensidad de surgencias; abundancia de sardinas, fenómeno de "El Niño" y la actividad pesquera en el área de estudio.
- La relación entre la frecuencia y abundancia de mamíferos marinos varados y los patrones de residencia y migración de las especies en el área.

6. METODOLOGÍA

6.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la playa occidental de Isla Magdalena (Fig.1). Esta isla forma parte del complejo lagunar Magdalena-Almejas en el Golfo de Ulloa, costa occidental de la Península de Baja California Sur, México.

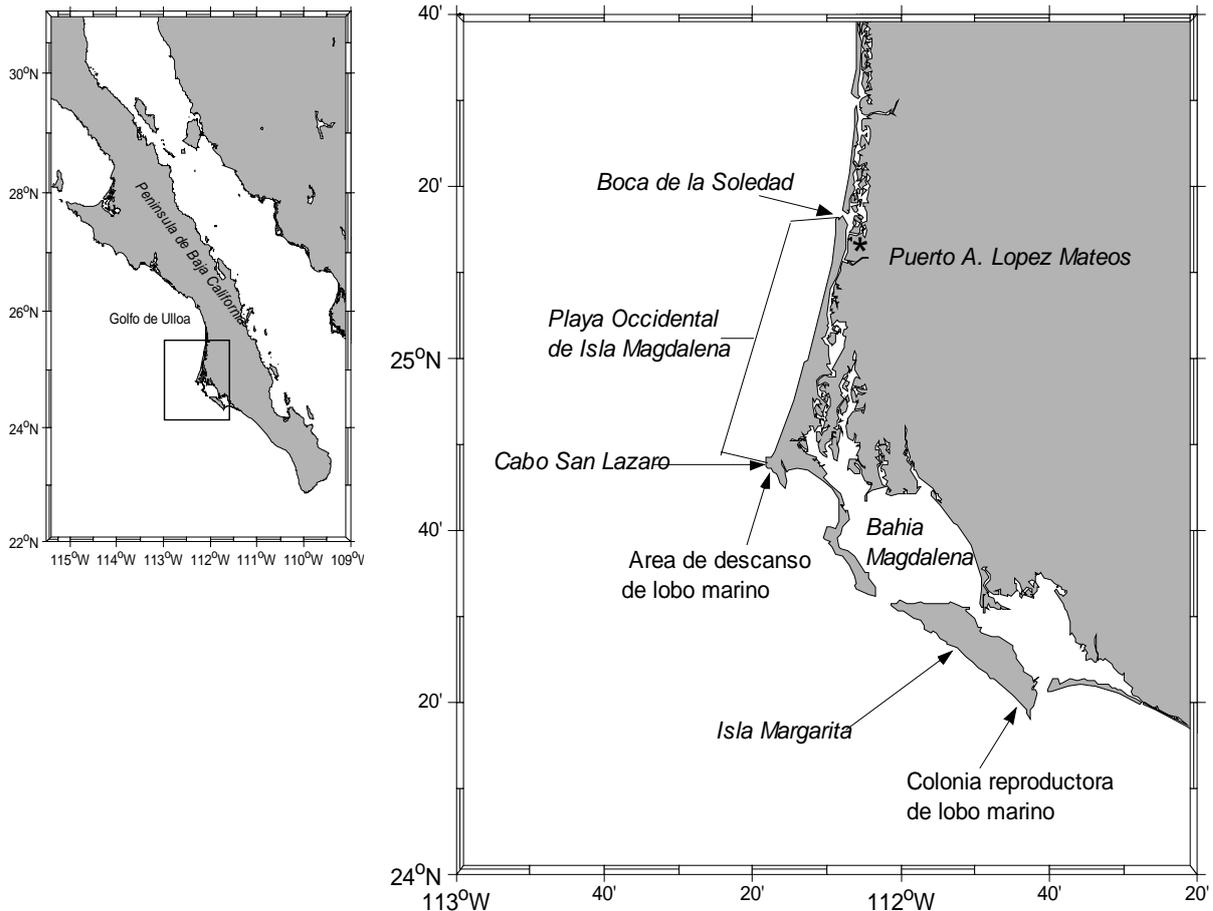


Figura 1. Área de estudio en Playa Occidental de Isla Magdalena.

El Golfo de Ulloa se encuentra ubicado entre los 24° y los 26°30' N, tiene la máxima extensión de la plataforma continental en la parte central, con una pendiente suave, siendo más abrupta hacia el norte y el sur donde la plataforma se reduce (Chávez-López, 1995).

La confluencia de dos sistemas oceánicos de gran escala determinan las condiciones físico-químicas de la región: La Corriente de California (CC) de origen sub-ártico con aguas frías, de baja salinidad y bajas concentraciones de nutrientes y las aguas sub-superficiales de la Contra Corriente Sub-superficial (CcSs) de origen tropical con aguas templadas, salinas y ricas en nutrientes. Superficial y cercana a la costa fluye la Corriente de Davidson, más conocida como Contra Corriente de California (CcC). El ajuste de estas tres corrientes es poco conocido en el área de estudio, pero en principio la CC fluye fuera de la costa en los primeros 300 m de profundidad hacia el sur-este. La corriente de Davidson fluye hacia el norte y en parte podría ser un reajuste de la propia CC sobre la costa. Sobre el talud fluye la CcSs también hacia el norte (Chávez *et al.*, 2002). A las tres corrientes en conjunto se las denomina Sistema de la Corriente de California (SCC). Este sistema produce sobre la costa occidental de Baja California una zona de transición templado-tropical desde Punta Abreojos hasta el sur de Bahía Magdalena (Hernández-Vázquez *et al.*, 1991).

Se han observado surgencias en toda la costa occidental de Baja California, pero hay ciertos lugares y épocas del año en que es más probable que ocurran. Se observan con mayor frecuencia en las regiones al sur de Punta Concepción y al sur de Bahía Magdalena. Ambas regiones tienen su mayor actividad durante los primeros meses del año (marzo, abril y mayo), aunque el afloramiento puede ocurrir también en otros meses (Chávez-López y Schmitter-Soto, 1995). Estas surgencias intensas llevan el agua relativamente rica en nutrientes de la CcSs hacia la superficie, permitiendo que el incremento de biomasa fitoplanctónica registrada en las zonas costeras se extienda hacia fuera de la costa (Chávez *et al.*, 2002).

Aunque la región de estudio es conocida por su riqueza biológica dada por la surgencias cercanas a la costa, hoy en día se sabe también de la existencia de una región fuera de la costa donde se registran frentes térmicos que aunque son de mesoescala (10~100 días, 100~1000 km), persisten en su ocurrencia todo el año. Los ecosistemas asociados a estos rasgos frontales resultan ser muy productivos y aunque poco conocidos, en conjunto determinan lo que se conoce como el Sistema Frontal de Baja California Sur (SFBCS). El SFBCS se ubica

aproximadamente a 150 km de la costa a la altura de los 24° N y se ha observado que es un hábitat pelágico funcional para la Ballena Azul (*Balaenoptera musculus*), el marlin rayado (*Tetrapturus audax*) y el pez espada (*Xiphias gladius*) (Etnoyer *et al.*, 2004).

6.2. Muestreo en el campo

Los registros de varamientos se realizaron durante viajes de prospección en la playa occidental de la Isla Magdalena desde la localidad Boca de la Soledad (a la que se le ha asignado como km 0 (N2511493 W11208158)) hasta Cabo San Lázaro (N2448706 W11217393). Esta playa tiene una extensión de 54 km y se puede recorrer en una motocicleta para arena en aproximadamente 3 horas, incluyendo las paradas para toma de datos y muestras.

Los viajes de prospección se efectuaron una vez por semana como mínimo, desde julio de 2003 hasta julio de 2006. Los recorridos y toma de datos fueron realizados por un técnico capacitado de Puerto López Mateos. Se hicieron visitas mensuales al sitio de muestreo, para participar en los recorridos y recoger las muestras acumuladas.

Para cada registro de varamiento se tomaron los siguientes datos:

- fecha,
- posición geográfica con GPS (Sistema de Posicionamiento Global),
- distancia (en km) desde Boca de la Soledad,
- especie (se identificaron los individuos con la guía de Reeves *et al.*, 2002),
- longitud total del animal (en m),
- estado de descomposición (Tabla 1, Anexo 1),
- sexo,
- observaciones particulares como presencia de marcas de redes de pesca o mutilación de aletas por ejemplo.

Además se tomaron fotografías de cada animal varado y se recolectaron los cráneos de los lobos marinos (*Zalophus californianus*) para formar una

colección de consulta posterior con el objeto de verificar categorías de edad y sexo.

Tabla 1. Estados de descomposición de los organismos varados y sus respectivas características.

Estado	Características
1) Fresco	Recién muerto
2) Descomposición moderada	Desde <i>Rigor mortis</i> (9-10 hs) hasta descomposición interna sin rasgos visibles exteriores (dos días aprox.)
3) Descomposición avanzada	Aparecen rasgos visibles de descomposición como fluidos corporales, e hinchamiento (más de 3 días)
4) Muy descompuesto	Fragmentación del animal y pérdida de miembros (más de 2 semanas)

6.3. Análisis de datos

6.3.1. Frecuencia y Abundancia

Se analizó la frecuencia de varamientos mensual con el fin de observar si la tasa de varamientos fue homogénea a lo largo del año o si se observaba un patrón estacional o anual (julio 2003 - julio 2006).

6.3.2. Riqueza y Diversidad

La riqueza es el número de especies. La diversidad está determinada como el número de especies (N) con respecto a la abundancia relativa de cada una (n_i) (n_i/N), y para calcularla se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener utilizando el software "Species Diversity and Richness - 2.65":

Índice de Shannon-Wiener: $H' = -\sum p_i \log p_i$

donde $p_i = n_i / N$

Tanto la riqueza como la diversidad fueron calculadas mensualmente para cada año de estudio y para la suma de los tres años.

6.4. Varamientos con evidencias de interacción antropogénica

Se determinó la proporción de mamíferos marinos varados que presentaron marcas que evidenciaban una interacción antropogénica (marcas de redes de pesca, mutilación de aletas, huellas de bala, lesión en los tejidos por agentes mecánicos o “traumatismo”). Se comparó la temporalidad de estos varamientos con la temporalidad de las pesquerías que se llevan a cabo en la región (camarón, almeja, sardina, langosta, escama y tiburón) con el fin de observar si se presentaba una relación.

Se observó que algunas marcas, como las de enmalle, se pierden cuando el estado de descomposición de los animales es avanzado. Para corregir esta subestimación en la influencia de las interacciones antropogénicas, se determinó la proporción de animales con marcas aplicando 3 criterios diferentes: 1) considerando solamente los organismos varados en estados de descomposición 1 y 2; 2) dado que existe un registro fotográfico de cada animal, se seleccionaron todas las fotografías de buena calidad y se determinó la proporción de animales con marcas de interacción antropogénica en relación al total de fotos seleccionadas (teniendo en cuenta todos los estados de descomposición); 3) se estimó la proporción de animales con este tipo de marcas, pero sólo en las fotografías seleccionadas que mostraban animales en estado de descomposición 1 y 2.

6.5. Variables ambientales (físicas y biológicas) y su relación con los varamientos

Para relacionar el número de varamientos con las medias mensuales de los parámetros ambientales se construyó la serie temporal de la tasa mensual de varamientos (TMV), la cual consiste en la razón del número de varamientos por mes. La TMV así definida resulta ser una variable continua a diferencia de el número de varamientos que es una variable discreta.

Los parámetros ambientales seleccionados para tales correlaciones fueron:

- **Temperatura superficial del mar (TSM)**, [°C] obtenida de imágenes satelitales (promedios mensuales) del sensor AVHRR- Pathfinder del satélite NOAA con 4 km de resolución, correspondientes al período de julio 2003 a diciembre 2005 (datos del 2006 aún no estaban disponibles), de la página de Internet: ftp://podaac.jpl.nasa.gov/pub/sea_surface_temperature/avhrr/pathfinder/data_v5/monthly/ascending/4km/
- **Concentración superficial de clorofila "a" (CL_a)**, [mg/m³] obtenida de imágenes satelitales (promedios mensuales) del sensor MODIS del satélite AQUA con 4 km de resolución, correspondientes al período de julio 2003 a julio 2006, de la página de Internet: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/level3.pl>

De las imágenes de ambas variables se obtuvieron los promedios espaciales para la región comprendida entre los 26° N - 23.5° N y 113.5° W - 111.5° W adyacente a la zona de estudio representando el área costera (Fig. 2).

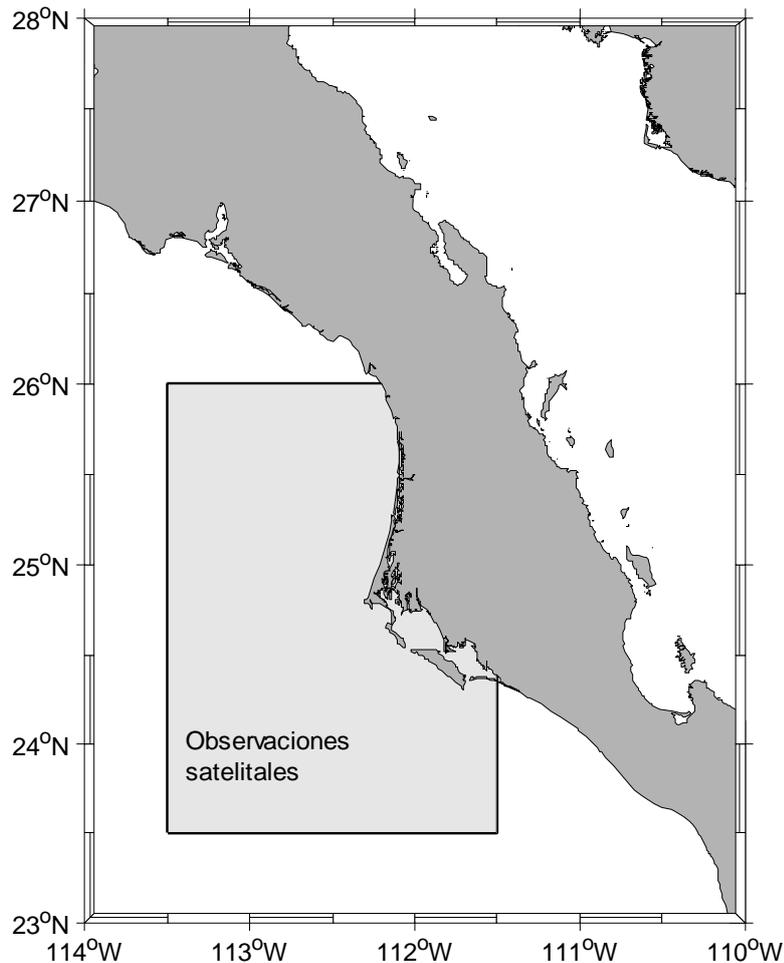


Figura 2. Ecosistema adyacente a la zona de estudio de donde se obtuvieron las observaciones satelitales.

Se utilizaron también los datos de:

- **Índice de surgencias (ISur)**, [$\text{m}^3/\text{seg}/100 \text{ m}$ de costa] obtenidos de la página de internet del Pacific Fisheries Environmental Laboratory, de la NOAA: http://www.pfeg.noaa.gov/products/PFEL/modeled/indices/upwelling/NA/upwell_menu_NA.html para la región de Bahía Magdalena ($24^\circ \text{ N } 113^\circ \text{ W}$), correspondientes al período de julio 2003 a julio 2006 (promedios mensuales).

- **Captura de sardinas (CSar)**, [miles de toneladas = 10^6 Kg] en Bahía Magdalena, correspondientes al período de julio 2003 a julio 2006 (captura

mensual), proporcionados por el Laboratorio de Edad y Crecimiento del CICIMAR-IPN. La captura de sardinas es considerada como un indicador de la abundancia de este recurso en el área.

- **Índice Multivariado del ENSO (MEI)** (del acrónimo en inglés, Multivariate ENSO Index), proporcionados por NOAA, en su página de internet: <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>, correspondientes al período de julio 2003 a julio 2006.

El objetivo principal de este trabajo es relacionar los varamientos con la evolución temporal del ecosistema adyacente. Sin embargo no se dispone de una variable que describa por sí sola esa evolución. Lo que sí disponemos es de un conjunto de variables físicas y biológicas que describen parcialmente el ecosistema. Para que nuestro análisis sea lo más completo posible necesitamos no sólo elegir el máximo posible de variables observadas, sino también que cada variable no este describiendo la misma parte de la evolución temporal del ecosistema. Siguiendo este razonamiento, la temperatura superficial del mar la podemos asociar como representativa de la ecuación de conservación del calor. El índice de surgencias representativa de las ecuaciones de la dinámica horizontal y de la conservación de volumen. La clorofila representativa de la productividad primaria (productores primarios) y finalmente la captura de sardinas representa un estado de la evolución temporal del ecosistema con un nivel trófico mayor (consumidores primarios y secundarios).

Debido a que el período de muestreo es de un mes, la frecuencia mínima detectable intra-anual es de dos meses, y como la longitud de la serie de tiempo de varamientos es tres años sólo se detectan las frecuencias interanuales de corto período. De esta manera y teniendo en cuenta la limitación de la frecuencia de muestreo y la longitud de la serie, la correlación entre los varamientos y las variables del ecosistema se realizó con dos modelos: *el estacional* y *el interanual*.

Dentro de las observaciones de varamientos hay animales que presentan evidencias de interacción antropogénica, indicando posiblemente la causa de

muerte. Por ser una parte conocida en su origen decidimos extraerlos del número total de varamientos antes de realizar el análisis estadístico.

Modelo estacional

Este modelo se aplicó a las siguientes variables: TMV, TSM, CL_a, ISur y CSar, y consiste en determinar cinco parámetros (tres amplitudes y dos fases) con el fin de construir una serie de tiempo compuesta de la suma del valor medio (tres años), el armónico anual y el semianual. Los cálculos de las componentes de Fourier se realizan mediante una técnica de ajuste por cuadrados mínimos. El método implementado permite estimar el error en la predicción y los errores del ajuste a los cinco parámetros y de esta manera observar si el ajuste es significativo. Una descripción detallada del método se puede encontrar en Ripa (2002).

La fórmula (1) muestra la combinación de los cinco parámetros que determinan el ciclo estacional. Debido a que la estacionalidad se realizó mediante una descomposición en series de Fourier (ortonormales entre sí), la descomposición en la fórmula (1) permite que la correlación entre el ciclo estacional y los residuos sea nula y por tanto tengan información nula sobre la estacionalidad de las observaciones. Los residuos, segundo término del lado derecho de la ecuación (1), contienen información de frecuencias entre dos y cinco meses, e información de las variaciones interanuales en esos tres años.

$$F(t) = \underbrace{(F_m + A_a \cos(\omega t - \varphi_a) + A_s \cos(2\omega t - \varphi_s))}_{\text{Ciclo estacional}} + \underbrace{R_e(t)}_{\text{residuo}} \quad (1)$$

Donde:

- F_m : media temporal
- A_a : amplitud anual
- A_s : amplitud semi - anual
- ω : frecuencia angular
- φ_a : fase anual
- φ_s : fase semi - anual
- R_e : residuos
- F : datos

Modelo interanual

El modelo interanual consiste en descomponer los residuos a la estacionalidad (RAE), último término del lado derecho de la ecuación (1), por medio de una descomposición en componentes principales (ACP). Este método consiste en combinar los RAE de la CL_a, ISur, CSar y la TMV, normalizados por medio de:

$$\tilde{F}_i = \frac{2[F_i - \min(F_i)]}{[\max(F_i) - \min(F_i)]} - 1; \quad (2)$$

donde F_i con $i=1:5$ son las variables observadas, en un solo conjunto de datos. La normalización (ec. 2) permite comparar variables diferentes y con diferentes unidades al quedar adimensionales y con valores absolutos máximos de uno.

Al conjunto de las observaciones agrupadas se las descompone en sus componentes principales que son un conjunto de funciones ortogonales entre sí (la correlación entre estas funciones es cero) y que sumadas explican cada observación. El conjunto de funciones ortogonales no tiene en principio sentido físico ya que sólo son autofunciones que están contenidas en los propios datos. Pero si a alguna de esas autofunciones se le encuentra un sentido físico entonces sí toma relevancia en este estudio. La descomposición en componentes principales se describe de la siguiente manera:

$$\tilde{F}_i = \lambda_1 \varphi_{1,i} \tau_1 + \lambda_2 \varphi_{2,i} \tau_2 + \dots + \lambda_n \varphi_{n,i} \tau_n \quad (3)$$

donde λ autovalor , φ autovector , τ serie de tiempo .

Cada autovalor explica una parte de la variancia global del conjunto de las \tilde{F}_i , y como habitualmente están ordenados, los dos primeros autovectores y series de tiempo explican la parte más importante de las observaciones.

Es importante destacar que las series de tiempo representan la armonía entre las observaciones. El método para encontrar un sentido físico a los resultados del modelo interanual es comparar las series de tiempo obtenidas (3) con la evolución temporal del MEI. Si la correlación es muy alta entonces la descomposición en Componentes Principales captura la evolución debida a los fenómenos de El Niño/La Niña.

6.6. Relación entre los varamientos y los patrones migratorios y de residencia de las especies

Se realizó una búsqueda bibliográfica con el objetivo de obtener una descripción de los patrones de presencia y abundancia de las especies de mamíferos marinos registradas en los varamientos. Sólo para el caso del lobo marino de California (*Zalophus californianus*) se contó con datos de censos mensuales en la colonia de Isla Margarita (Aurióles-Gamboa, datos no publicados¹) para casi un año completo (febrero a diciembre de 1984), por lo que para ésta especie se pudo realizar una comparación entre lo observado en la colonia y lo registrado en los varamientos mediante una correlación.

Para las especies restantes se realizó una comparación de lo conocido por bibliografía acerca de sus patrones migratorios o presencias estacionales con lo observado en los varamientos a modo de discusión evidenciando la existencia de las correspondencias pertinentes.

(1) Aurióles-Gamboa, D. 2006. Datos no publicados. Laboratorio de Ecología de Pinnípedos. CICIMAR-IPN. La Paz. México.

7. RESULTADOS

7.1. Información sobre varamientos

7.1.1. Frecuencia y Abundancia

El número de varamientos registrados desde julio del 2003 hasta julio del 2006 fue de 602 organismos; el 65.45% correspondieron a pinnípedos y el 34.55% a cetáceos (Tabla 2).

Tabla 2. Número de mamíferos marinos varados en la playa occidental de Isla Magdalena desde julio del 2003 hasta julio del 2006.

	Pinnípedos	Cetáceos	Total
2003 (jul-dic)	50 (62.5%)	30 (37.5%)	80
2004 (ene-dic)	150 (71.4%)	60 (28.6%)	210
2005 (ene-dic)	114 (65.9%)	59 (34.1%)	173
2006 (ene-jul)	80 (57.5%)	59 (42.5%)	139
Total	394 (65.45%)	208 (34.55%)	602

Durante los tres años de muestreo se observa una tendencia similar en el tiempo, teniendo mayor incidencia de varamientos en los meses de abril, mayo, junio y julio (20 o más varamientos por mes) y otro pico relativamente menor en enero. (Fig. 3)

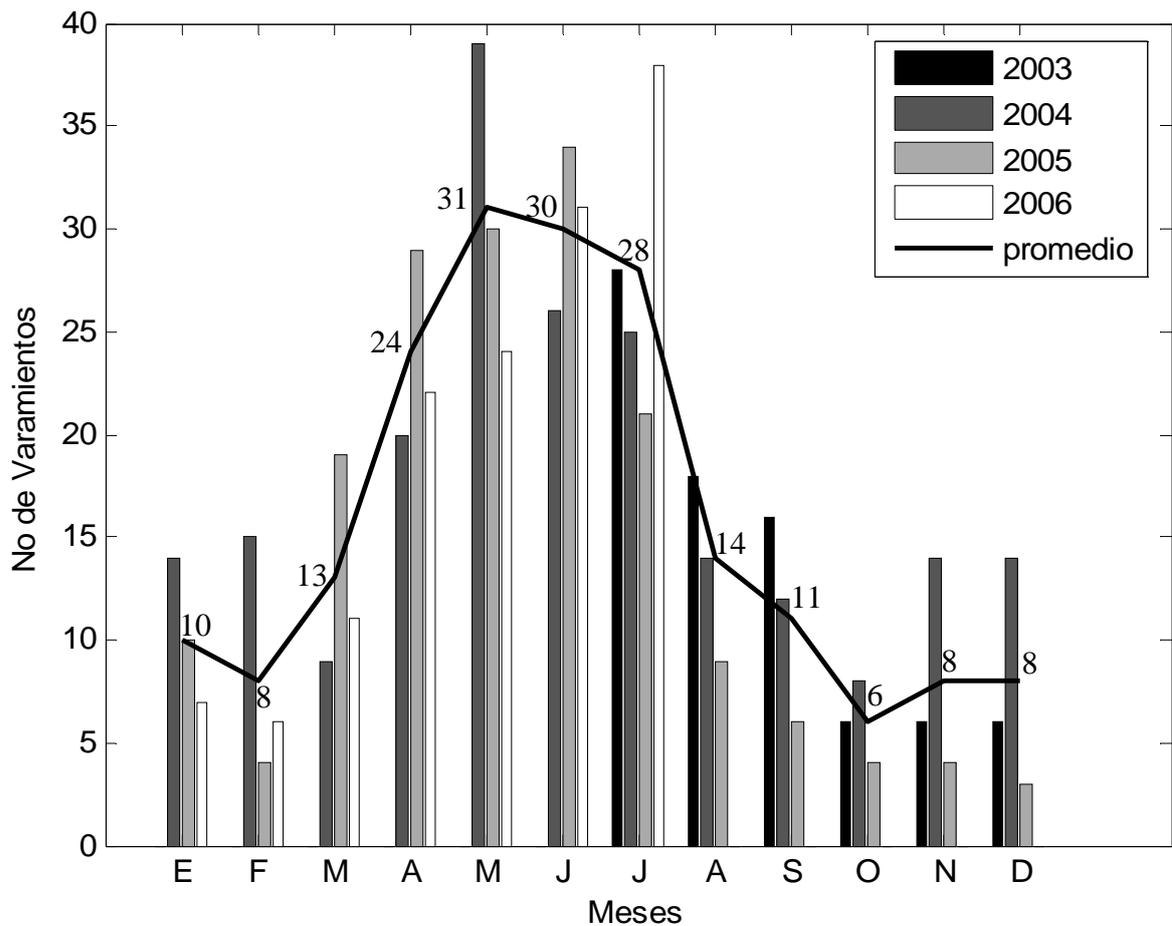


Figura 3. Frecuencia de varamientos durante los meses del año desde julio 2003 a julio 2006 y su promedio.

7.1.2. Riqueza y Diversidad

De los 602 mamíferos marinos varados se identificaron un total de 15 especies (3 pinnípedos, 9 odontocetos y 3 mysticetos) (Tabla 3), una categoría de delfín no identificado y una categoría de *Delphinus* sp.

Tabla 3. Especies de mamíferos marinos identificadas en los varamientos, con N= número de individuos varados de cada especie y su % con respecto al total de varamientos.

Pinnípedos	N	%	Odontocetos	N	%	Misticetos	N	%
<i>Zalophus californianus</i>	344	57	Delfín no identificado	79	13	<i>Eschrichtius robustus</i>	2	0.3
<i>Phoca vitulina richardsi</i>	37	6	<i>Delphinus capensis</i>	48	8	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	0.2
<i>Mirounga angustirostris</i>	13	2	<i>Tursiops truncatus</i>	22	4	<i>Balaenoptera physalus</i>	1	0.2
			<i>Delphinus sp.</i>	19	3			
			<i>Delphinus delphis</i>	18	3			
			<i>Lagenorhynchus obliquidens</i>	9	1.5			
			<i>Stenella longirostris</i>	5	1			
			<i>Mesoplodon peruvianus</i>	1	0.2			
			<i>Grampus griseus</i>	1	0.2			
			<i>Globicephala macrorhynchus</i>	1	0.2			
			<i>Physeter macrocephalus</i>	1	0.2			

En la Figura 4 se puede observar la frecuencia de las distintas especies de mamíferos marinos varados en los 3 años de muestreo, destacándose en el 2004 un máximo de 133 lobos marinos varados.

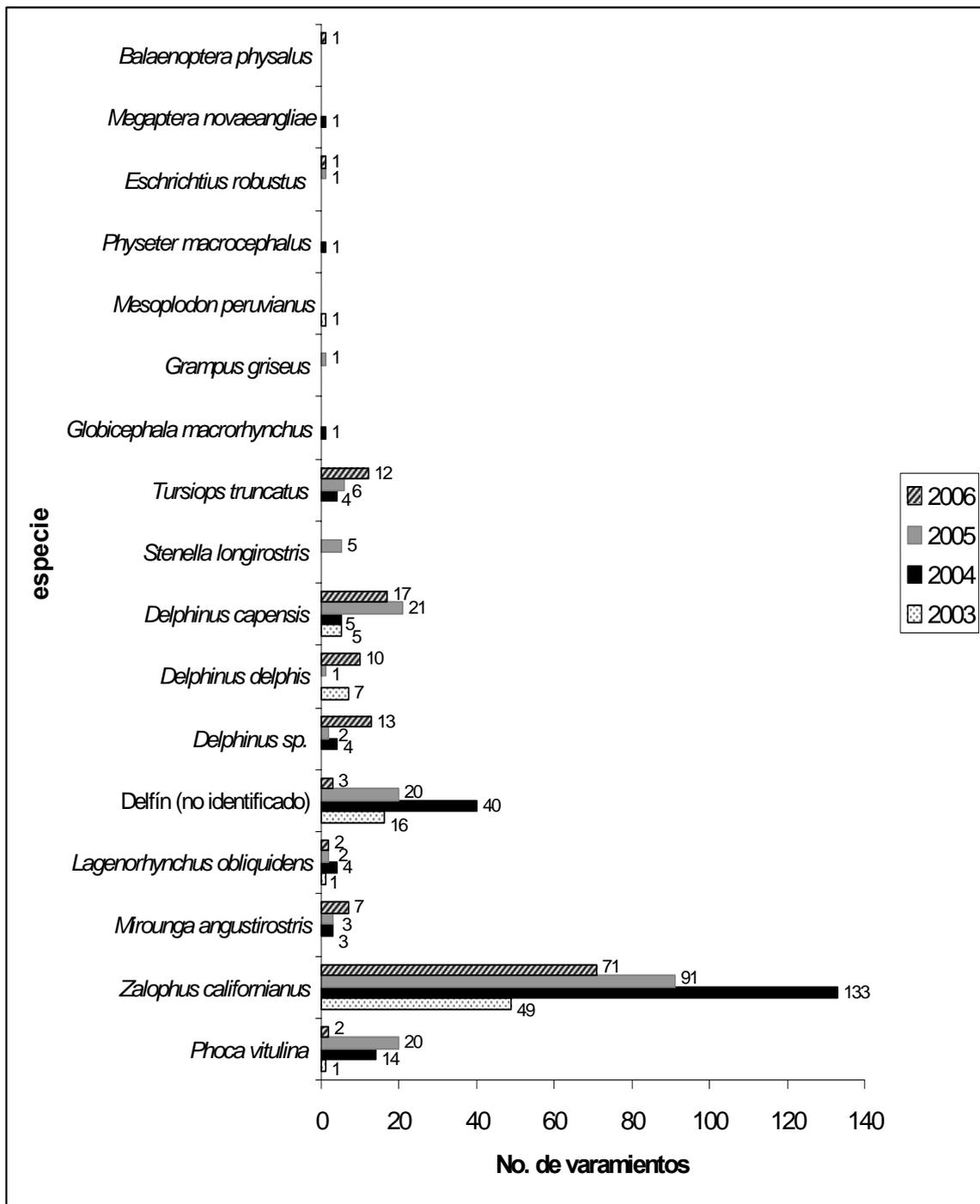


Figura 4. Frecuencia de varamientos para las todas las especies registradas en los 3 años de muestreo.

En la Figura 5 observamos la proporción de especies en los varamientos, la especie más abundante fue el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) representando un 57 %, luego le sigue la categoría de delfín no identificado con un 13 %, luego el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) con un 8 %,

en seguida la Foca de puerto (*Phoca vitulina*) con un 6 %, y finalmente todas las otras especies con porcentajes que van desde el 4 % al 0.2 %.

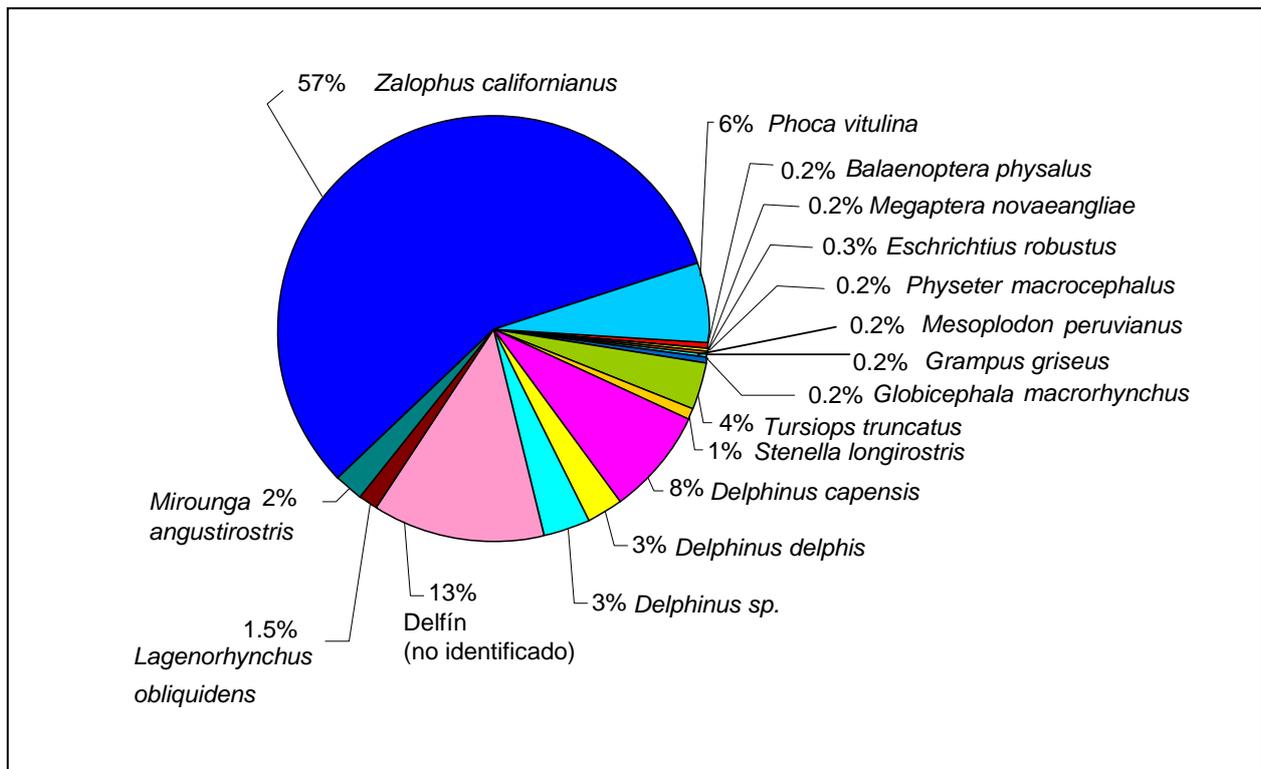


Figura 5. Proporción de especies en los varamientos.

A su vez, el lobo marino de California además de ser la más abundante, fue la única especie que se observó varada durante todos los meses del año (Fig. 6).

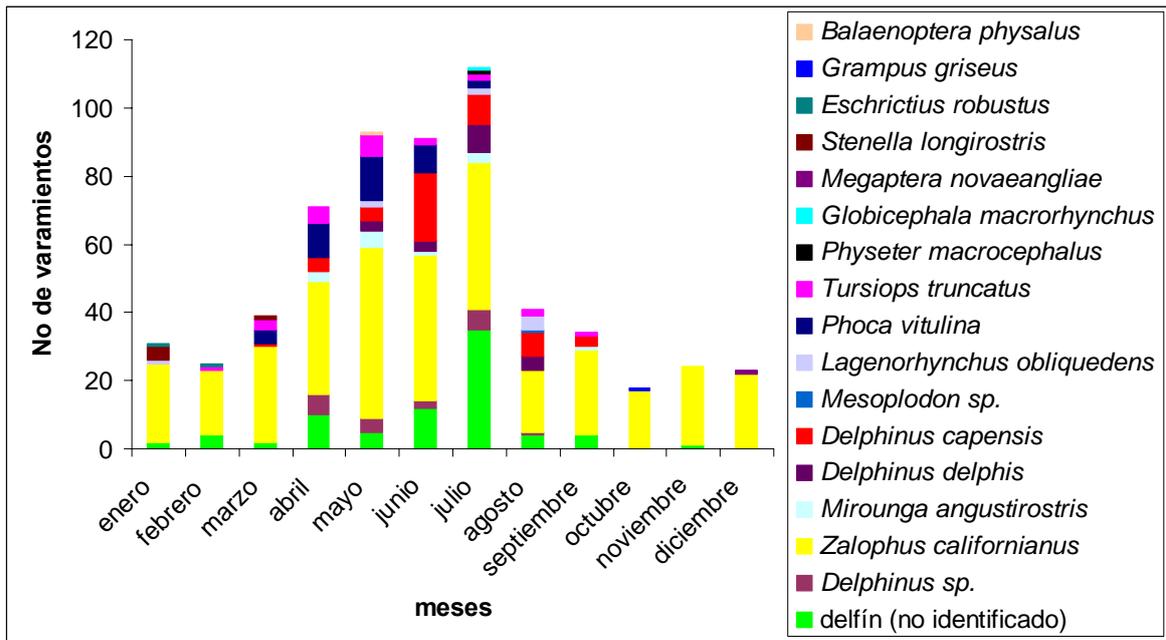


Figura 6. Varamientos de todas las especies en los 3 años de estudio para los distintos meses del año.

Al extraer de la serie los varamientos de lobo marino, observamos en la Figura 7, que a fines de primavera y principios de verano aparecen la mayoría de las especies varadas.

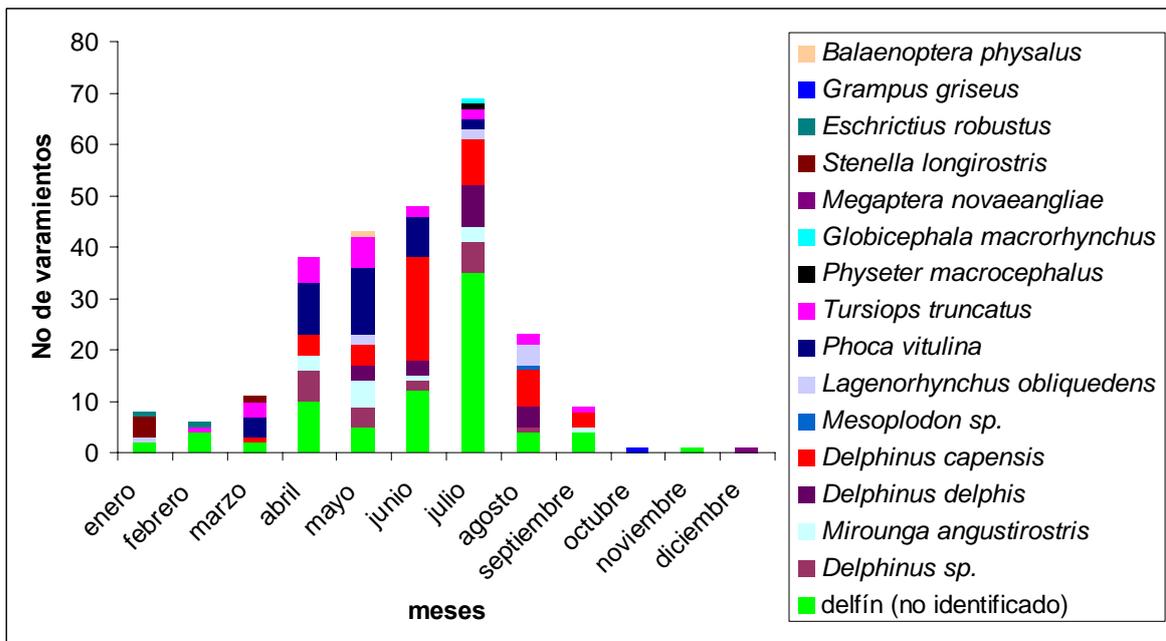


Figura 7. Varamientos de todas las especies menos *Zalophus californianus* en los 3 años de estudio para los distintos meses del año.

Con respecto a la riqueza y diversidad, se observó en los distintos años de estudio, que a partir de abril se empieza a detectar la llegada de un mayor número de especies a la zona encontrándose los máximos en los meses del verano (Figs. 8 - 9 - 10 - 11).

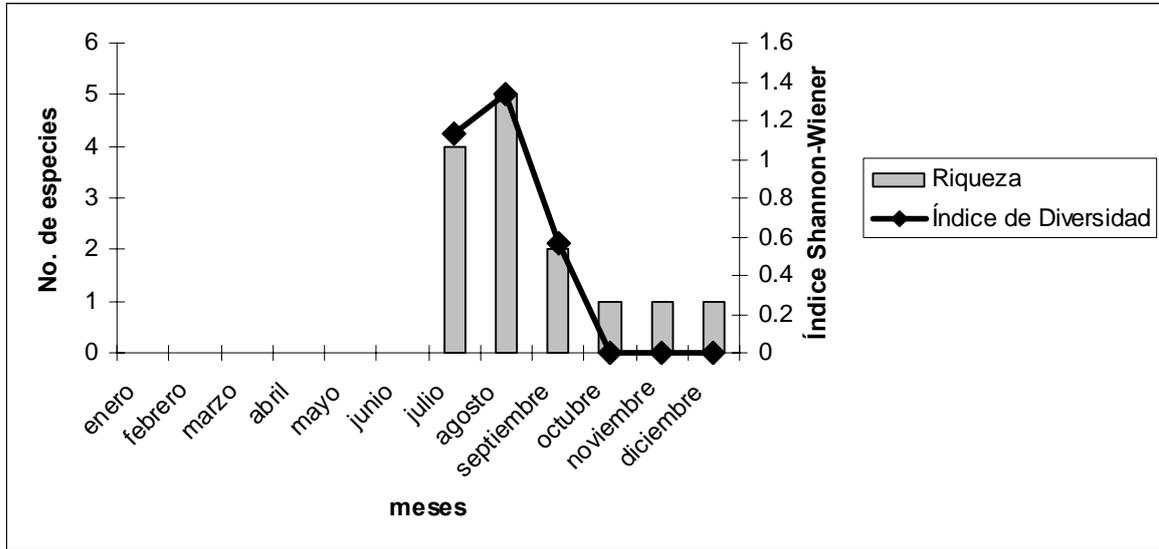


Figura 8. Riqueza y Diversidad para julio-diciembre 2003.

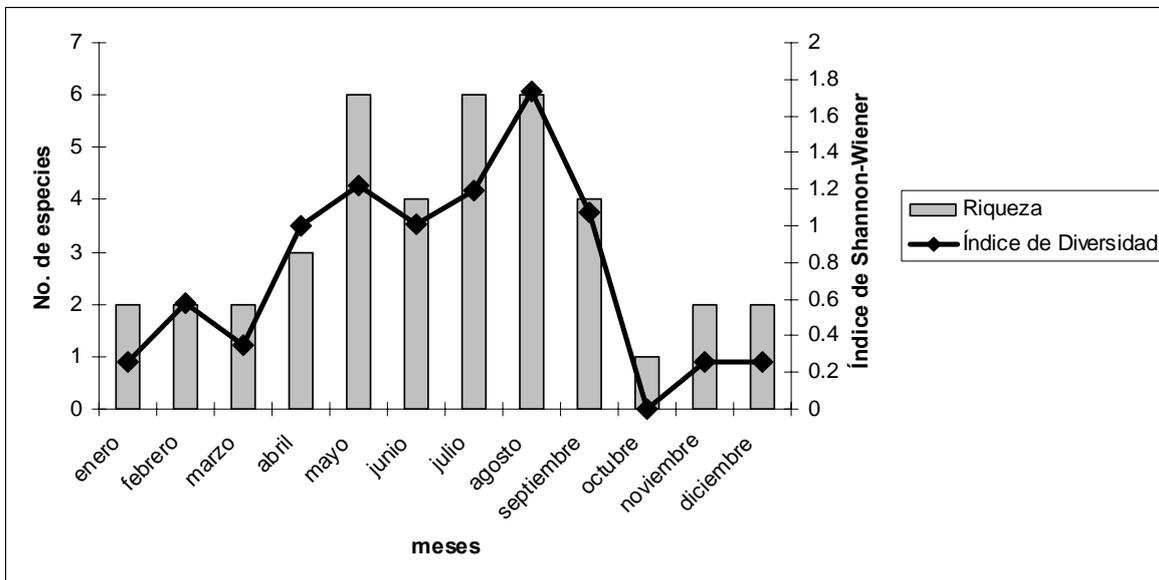


Figura 9. Riqueza y Diversidad para el 2004.

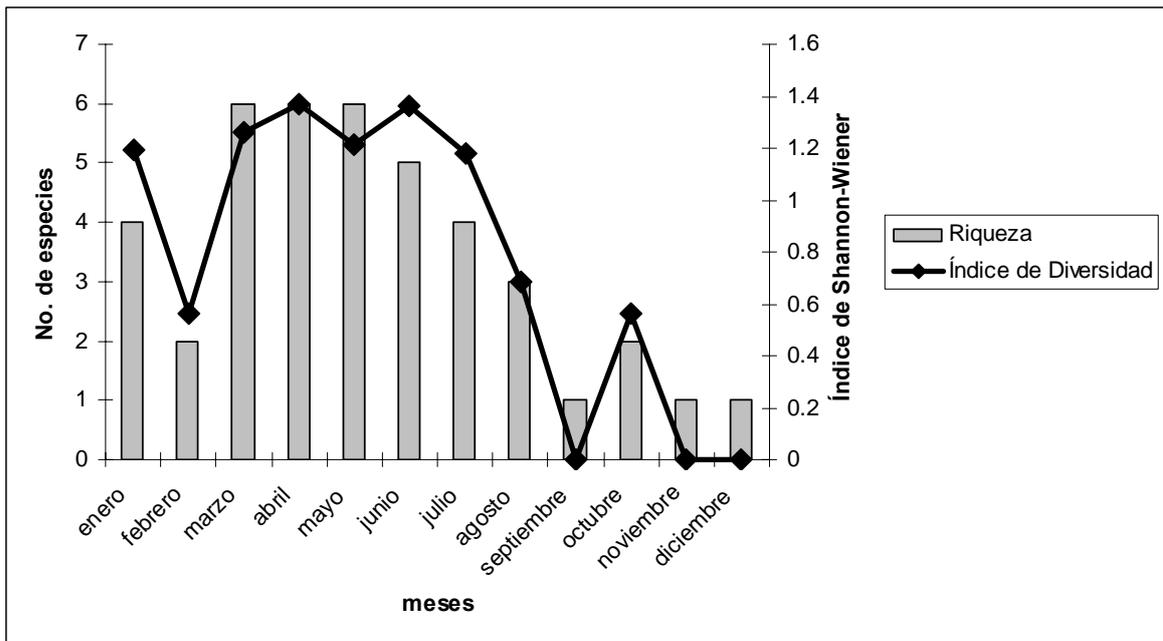


Figura 10. Riqueza y Diversidad para el 2005.

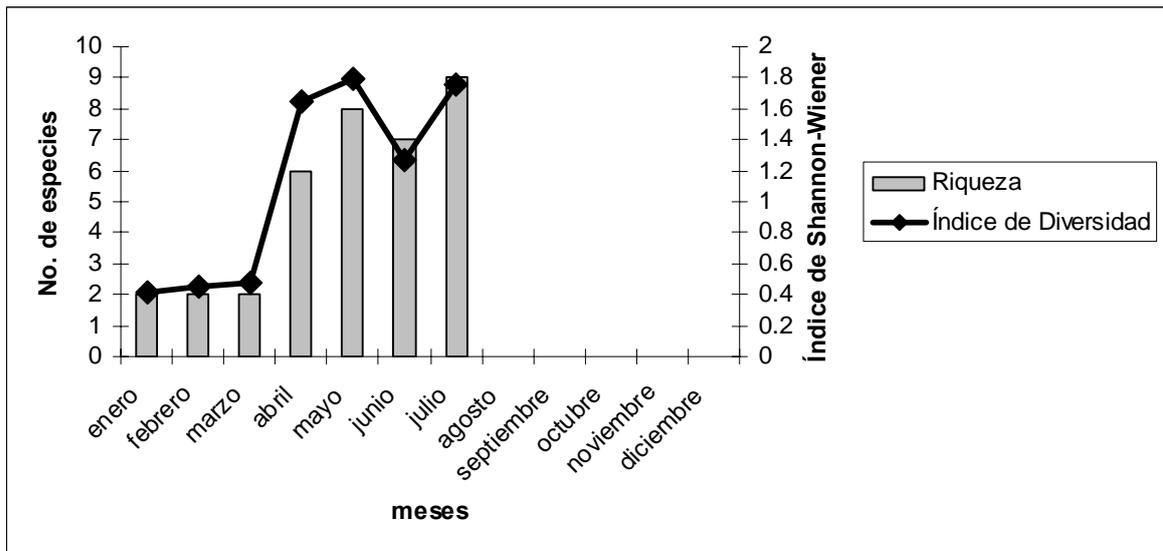


Figura 11. Riqueza y Diversidad para enero - julio 2006

Analizando el conjunto de todos los años, el índice de Shannon-Wiener (Fig. 12) mostró que los meses de verano fueron los más diversos llegando al máximo en julio-agosto. La riqueza específica a su vez, también presenta el mayor número de especies para los meses de verano registrando un máximo de 11 especies para el mes de julio.

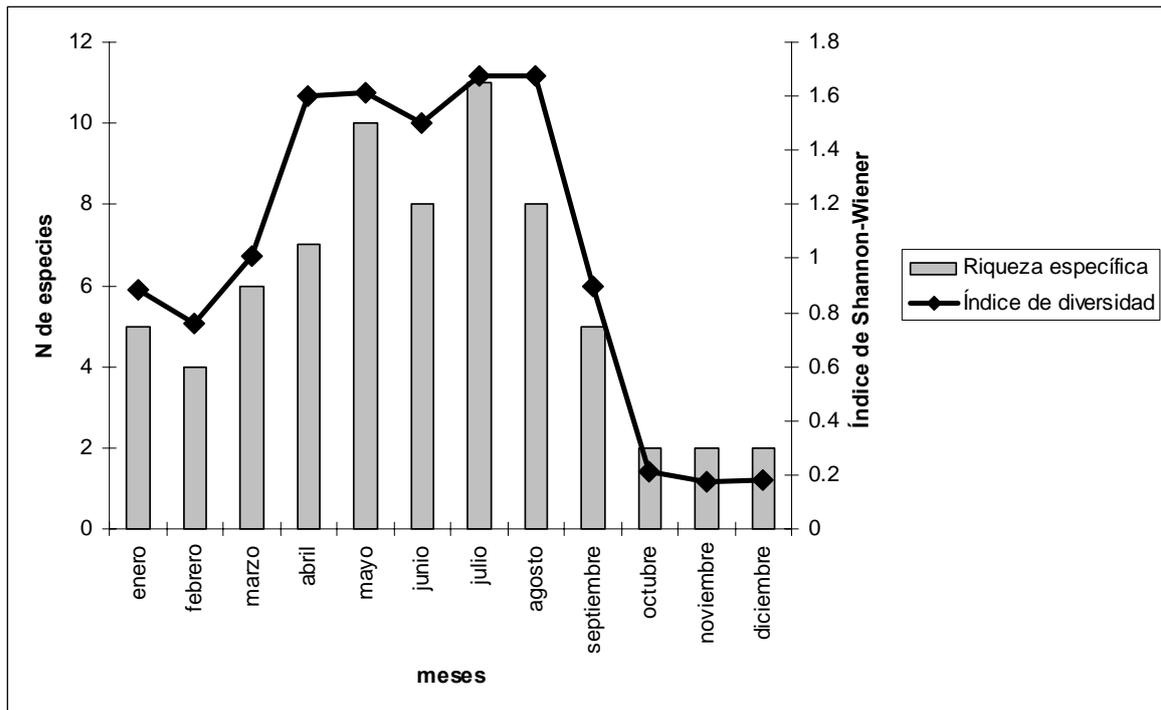


Figura 12. Índice de diversidad de Shannon-Wiener y riqueza específica mensual para los 3 años de estudio (no se tuvo en cuenta el mes de julio 2003 de manera que todos los meses estuvieran representados sólo 3 veces).

7.2. Varamientos con evidencias de interacción antropogénica

Se registraron 26 individuos con marcas de interacción con pesquerías, representando un 4% del total de individuos varados. De estos 26 organismos, 9 delfines, una ballena piloto (*Globicephala macrorhynchus*) y un lobo marino de California (*Zalophus californianus*) presentaron mutilación de aletas o marcas de cuchillo, otros dos lobos marinos presentaron marcas de enmalle, y uno apareció enredado en un cabo, 8 delfines con redes o marcas de estas (uno de estos con marca de cadena también), 3 lobos con orificio de bala y dos con traumatismos craneales que parecían haber sido realizados con un palo (cabe mencionar que uno de los delfines que presentó mutilación de aleta caudal también presentó marcas de enmalle) (Tabla 4).

Los porcentajes de cada especie y de cada interacción aparecen en la Tabla 5; el lobo marino de California y el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) fueron las especies con mayor proporción de marcas (35 y 31%

respectivamente) y el enmalle en redes de pesca y la mutilación de aletas las marcas con mayor frecuencia de observación (38 y 35% respectivamente).

Tabla 4. Varamientos registrados con marcas de interacción antropogénica.

Año	Mes	Especie	Estado de descomposición	Tipo de marca
2004	enero	<i>Zalophus californianus</i>	4	cabo en pescuezo y aletas
2004	febrero	<i>Zalophus californianus</i>	4	huella de bala
2004	mayo	<i>Zalophus californianus</i>	2	huella de bala
2004	mayo	<i>Zalophus californianus</i>	2	traumatismo
2004	junio	delfín	4	aleta caudal mutilada
2004	julio	delfín	4	aleta caudal mutilada
2004	julio	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	4	aleta caudal mutilada
2005	mayo	<i>Zalophus californianus</i>	3	traumatismo
2005	mayo	<i>Zalophus californianus</i>	1	marca de red
2005	junio	<i>Tursiops truncatus</i>	4	aleta caudal mutilada
2005	junio	<i>Delphinus capensis</i>	4	aleta caudal mutilada
2005	junio	<i>Delphinus capensis</i>	3	aleta caudal mutilada aleta caudal mutilada y marca de red
2005	junio	<i>Delphinus capensis</i>	1	aleta caudal mutilada
2005	junio	<i>Delphinus capensis</i>	1	aleta caudal mutilada
2005	junio	<i>Delphinus capensis</i>	4	aleta caudal mutilada
2005	julio	delfín	4	marca de red
2005	septiembre	<i>Zalophus californianus</i>	3	huella de bala
2006	abril	<i>Delphinus capensis</i>	1	redes en la boca marcas de red en la trompa y marca de cadena
2006	mayo	<i>Delphinus delphis</i>	1	marca de cadena
2006	mayo	<i>Zalophus californianus</i>	4	cortado con cuchillo
2006	junio	delfín	1	marcas de red
2006	julio	<i>Delphinus capensis</i>	2	marcas de red en la cabeza
2006	julio	<i>Delphinus capensis</i>	1	marcas con cuchillo
2006	julio	<i>Tursiops truncatus</i>	1	marcas de red en la cabeza
2006	julio	<i>Zalophus californianus</i>	2	herida en el cuello por enmalle
2006	julio	<i>Delphinus delphis</i>	1	marcas de red en la trompa

Tabla 5. Especies registradas con marcas de interacción antropogénica, tipos de marca y sus porcentajes.

Especie	Enmalle	Mutilación	Marcas con cuchillo	Huella de bala	Traumatismo	Total	%
<i>Zalophus californianus</i>	3	0	1	3	2	9	35
<i>Delphinus capensis</i>	2	5	1	0	0	8	31
Delfín	2	2	0	0	0	4	15
<i>Delphinus delphis</i>	2	0	0	0	0	2	8
<i>Tursiops truncatus</i>	1	1	0	0	0	2	8
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	0	1	0	0	0	1	4
Total	10	9	2	3	2	26	100
%	38	35	8	12	8	100	

Con respecto a las pesquerías que se llevan a cabo en la región, se realiza la pesca de langosta con trampas en los meses de diciembre a marzo, pesca de almeja dentro de los esteros de abril a junio, de mayo a agosto se pesca escama como lenguado (*Paralichthys californicus*), verdillo (*Paralabrax* sp.), pierna (*Caulolatilus princeps* y *C. affinis*), jurel (*Seriola* spp., *Caranx* spp.) y roncacho (*Cheilotrema* spp.) con chinchorros, y sierra (*Scomberomorus sierra*) y corvina (*Cynoscion parvipinnis* y otros scianidos) con redes de superficie. De septiembre a noviembre se pesca camarón con redes chango. Cabe mencionar también que se pesca tiburón durante todo el año con cimbras y palangres (Casas-Valdez y Ponce-Díaz, 1996; Peckham, com. pers. ²). La pesca de pelágicos menores (sardina) opera también casi todo el año, incrementándose durante la época de mayor abundancia de sardina monterrey en la bahía, que es entre abril y septiembre, utilizando redes de cerco (Casas-Valdez y Ponce-Díaz, 1996).

(2) Peckham, H. 2006. Department of ecology and evolutionary biology. University of California at Santa Cruz. USA.

Es importante notar que de los 26 organismos con marcas de interacción con pesquerías, 22 (85 %) aparecieron durante los meses de mayo, junio y julio, coincidiendo con los meses en que opera la pesca de escama (Fig. 13).

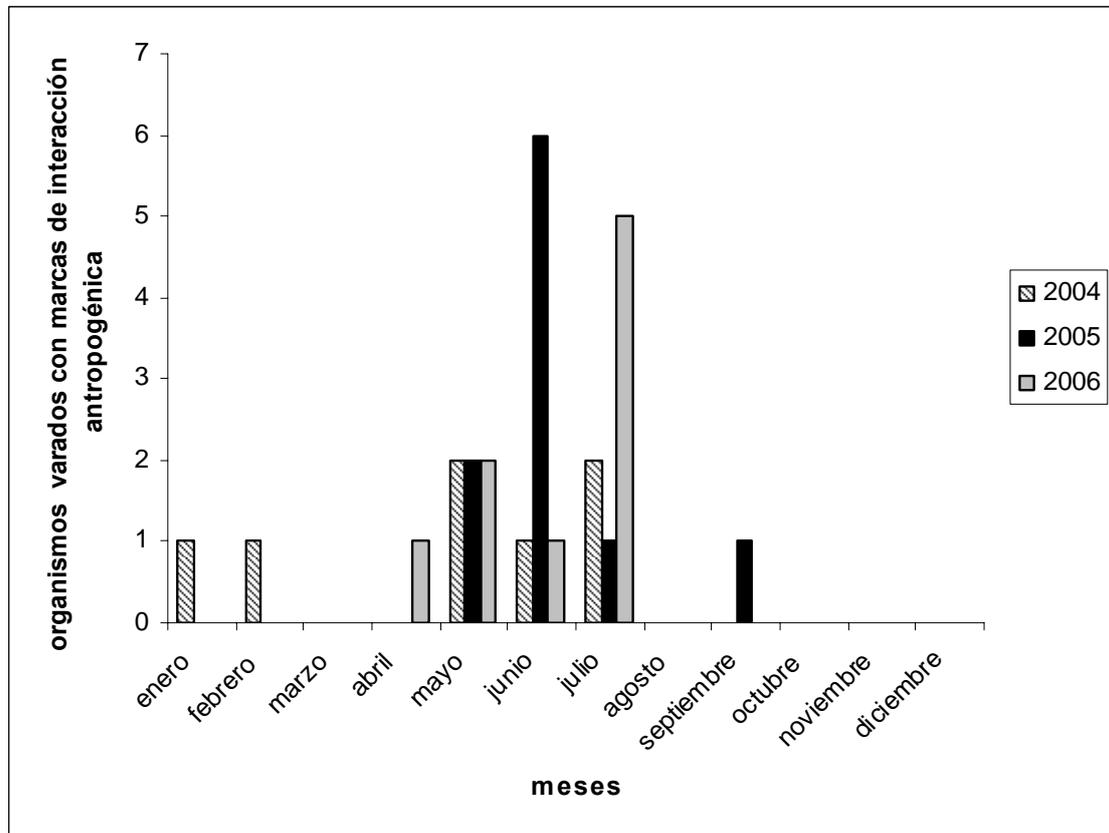


Figura 13. Temporalidad de los varamientos con evidencias de interacción antropogénica.

En la Figura 14 se observa como a medida que los organismos avanzan en su estado de descomposición la detección de las marcas de enmalle disminuye.

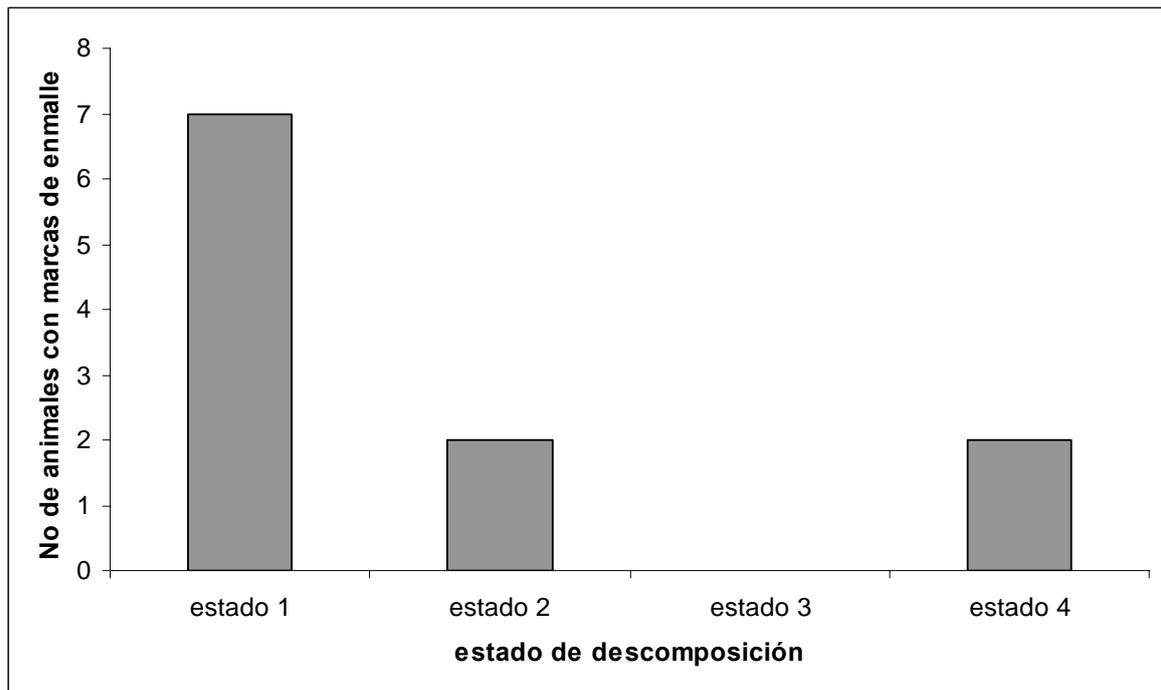


Figura 14. Número de animales detectados con marcas de enmalle y su estado de descomposición.

Considerando solamente a los organismos que se encontraban en estados de descomposición 1 y 2 (n= 94), la proporción de animales con marcas asciende a 14 %, y para el caso específico de las marcas de enmalle pasamos de un 2 % a un 10 % (Tabla 6).

Con respecto a las fotografías, se seleccionaron un total de 127 fotos de buena calidad. En ellas se detectaron 9 organismos con marcas de interacción antropogénica (ver Anexo 2). Estos 9 individuos se encontraban en estados de descomposición 1 ó 2 por lo que aplicando el tercer criterio de interpretación (animales con marcas sólo en las fotografías seleccionadas que mostraban organismos en estado de descomposición 1 y 2), el porcentaje de marcas ascendió a un 16% (Tabla 6).

Tabla 6. Número de animales con marcas de interacción antropogénica y su proporción con respecto al total aplicando los distintos criterios de selección de la muestra.

	Total	Todas las interacciones	Enmalle	Mutilación	Hueco de bala	Traumatismo
Varamientos (estados 1, 2, 3 y 4)	602	26 (4%)	11 (2%)	11 (2%)	3 (0.5%)	2 (0.3%)
Fotos (estados 1, 2, 3 y 4)	127	9 (7%)	8 (6%)	2 (1.5%)	0	0
Varamientos (estados 1 y 2)	94	13 (14%)	9 (10%)	3 (3%)	1 (1%)	1 (1%)
Fotos (estados 1 y 2)	57	9 (16%)	8 (14%)	2 (3.5%)	0	0

7.3. Variables ambientales (físicas y biológicas) y su relación con la Tasa Mensual de Varamientos (TMV)

Modelo estacional

El ajuste estacional obtenido mediante la ecuación (1), primer término del lado derecho, a la tasa mensual de varamientos y a las variables ambientales se muestra en las Figuras 15 a 19 respectivamente. El cálculo de las tres amplitudes y las dos fases mostró un error en el ajuste que resultó mucho menor a las estimaciones. La varianza explicada (VE) por el armónico anual y el semianual es cercana al 80% excepto en las capturas de sardinas (Fig. 19), donde resultó ser del 37%. La Tabla 7 resume el valor de estos parámetros y sus errores. Obsérvese que en la Tabla 7 hemos usado la variable TSMm (Temperatura Superficial del Mar mínima) que es el opuesto de TSM, esto se debe a que la fase que nos interesa es aquella en que resulta la mínima temperatura de la superficie del mar o cuando las surgencias comienzan a desarrollarse.

Tabla 7. Parámetros del ajuste estacional y sus errores.

	Valor medio	Amplitud anual	Fase anual	Amplitud semi-anual	Fase semi- anual	Varianza explicada
TSMm	21.6 ± 0.1	3.6 ± 0.2	18 mar ± 3	0.8 ± 0.2	27 feb ± 10	95 %
ISur	102 ± 4	32 ± 6	1 abr ± 10	45 ± 6	20 may ± 8	75 %
CL_a	0.7 ± 0.05	0.7 ± 0.06	1 jun ± 5	0.2 ± 0.06	15 jun ± 16	78 %
CSar	3.7 ± 0.3	1.6 ± 0.3	4 ago ± 13	0.37 ± 0.04	26 abril ± 60	37 %
TMV	16 ± 1	12 ± 1	16 jun ± 6	5 ± 1	16 dic ± 14	80 %

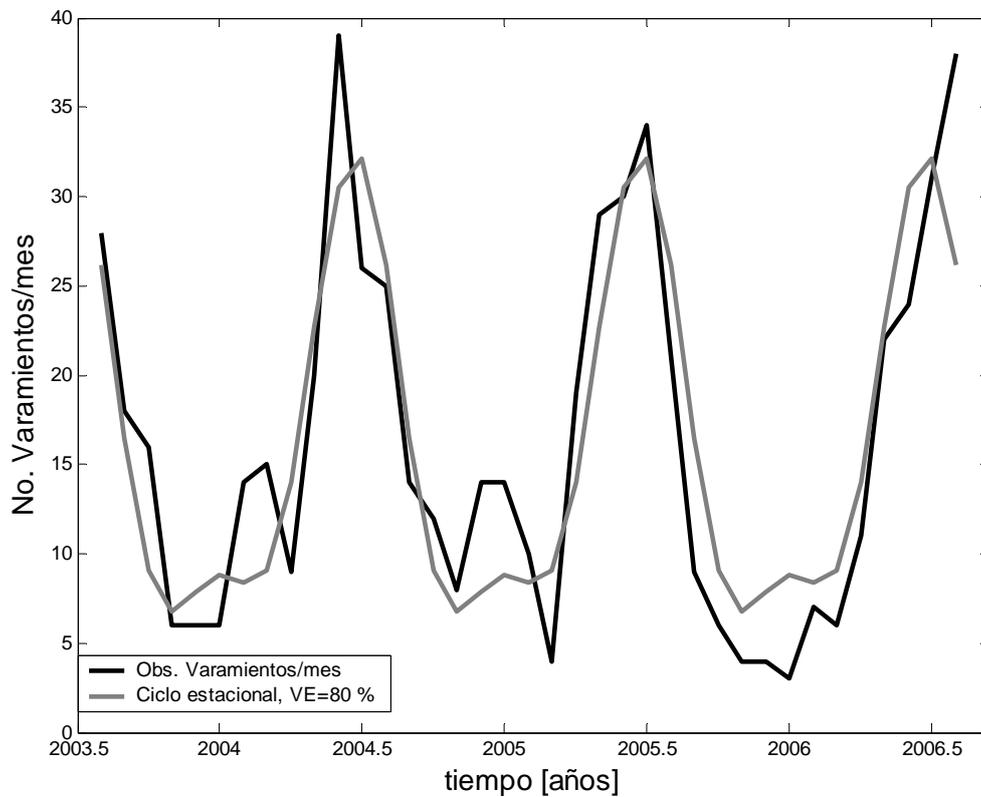


Figura 15. Ajuste estacional de las observaciones de la tasa mensual de varamientos.

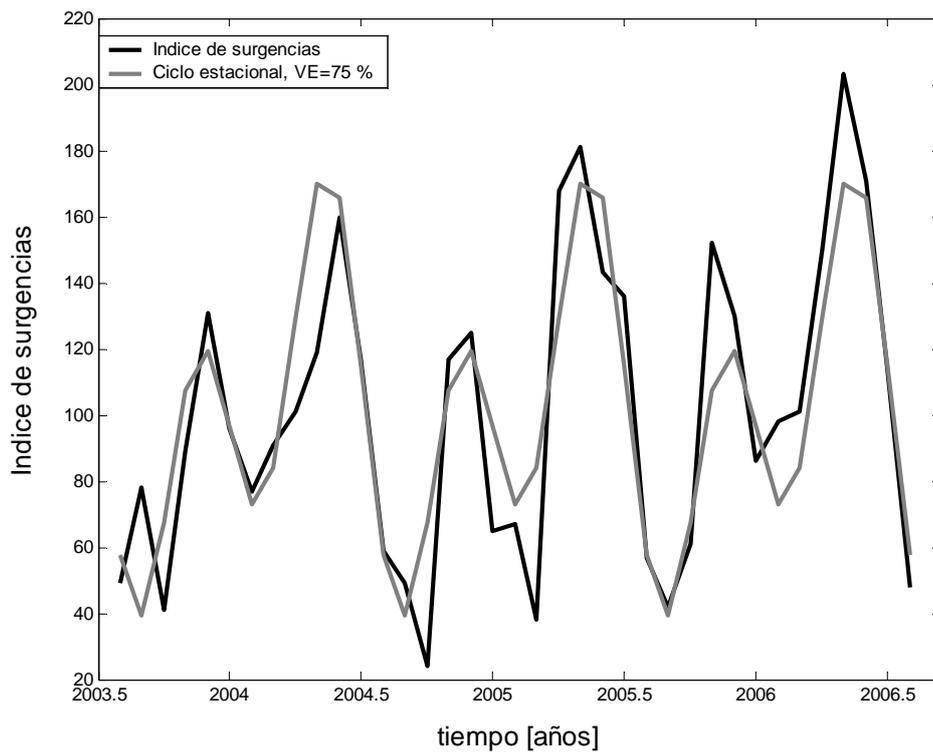


Figura 16. Ajuste estacional del índice de surgencias para la región de Bahía Magdalena.

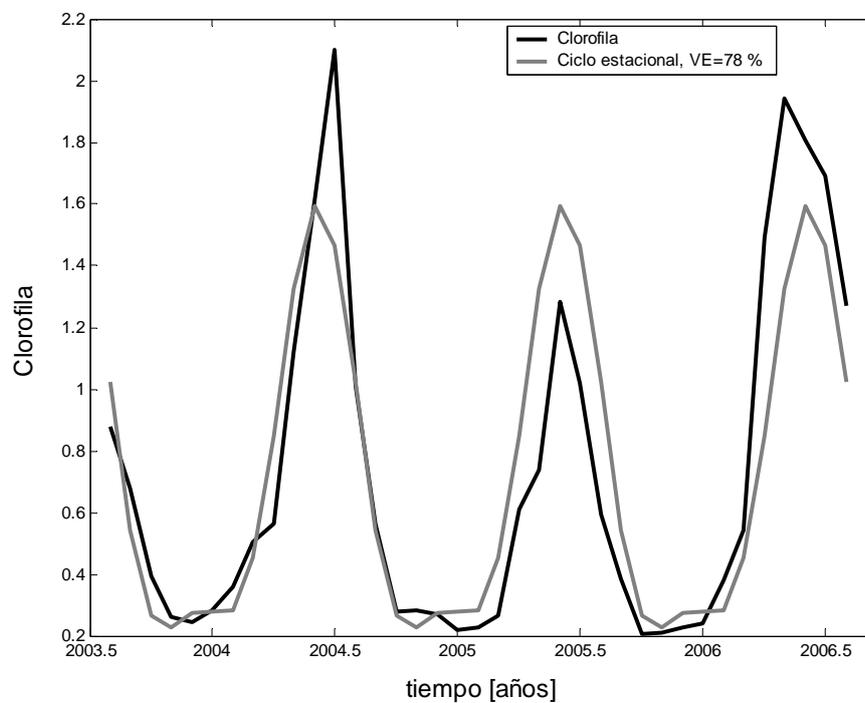


Figura 17. Ajuste estacional de los datos de concentración de clorofila en el área de estudio.

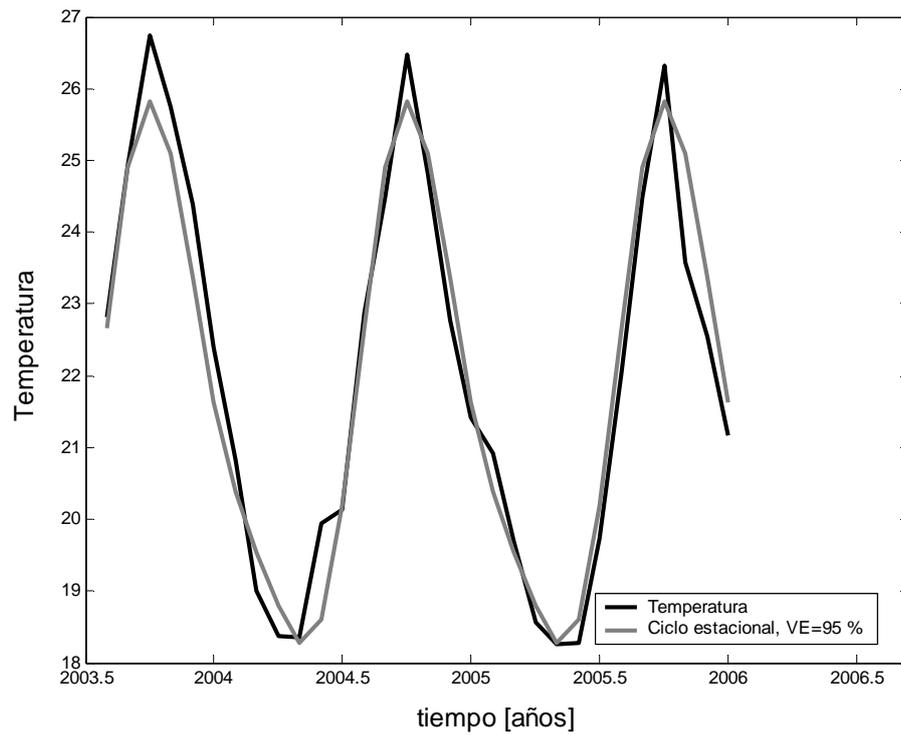


Figura 18. Ajuste estacional de los datos de temperatura superficial del mar en el área de estudio.

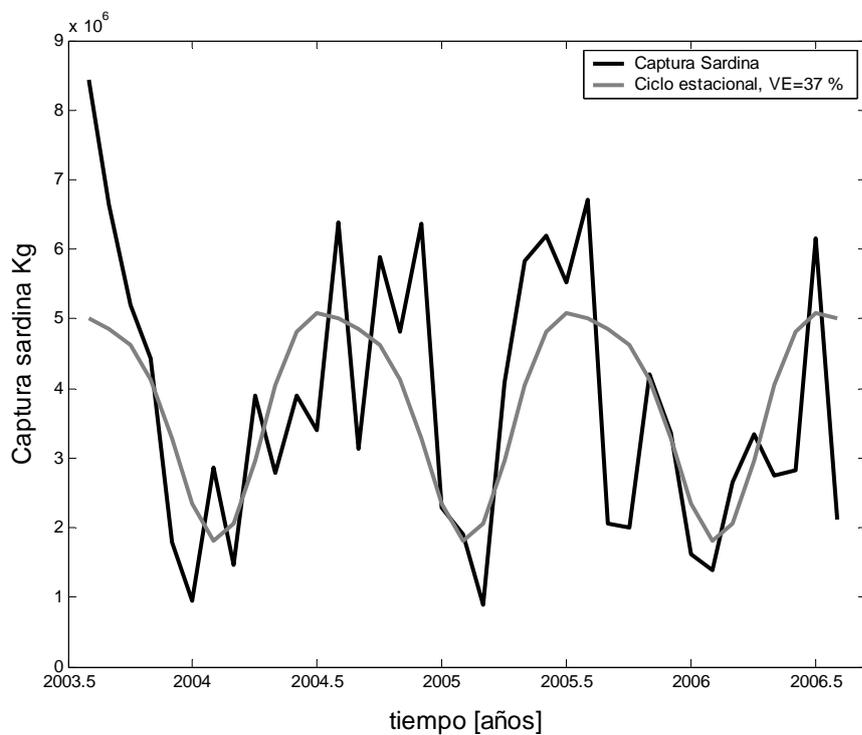


Figura 19. Ajuste estacional de los datos de captura de sardina para la región de Bahía Magdalena.

Las series de tiempo del ajuste estacional fueron normalizadas como muestra la ecuación (2) con el fin de observar su relación de fases (época del año en que ocurren sus máximos). La Figura 20 muestra la evolución de cada variable estacional normalizada, el máximo de surgencias ocurre prácticamente al mismo tiempo que el mínimo de temperatura superficial (mes de mayo, seis días antes). A los 23 días se presenta el máximo de clorofila. Luego de 29 días se registra el mayor número de toneladas en la captura de sardinas y a los 11 días posteriores, en Julio, el máximo de varamientos. En la Tabla 8 se presenta la relación de fases y sus diferencias en días con respecto al índice de surgencias.

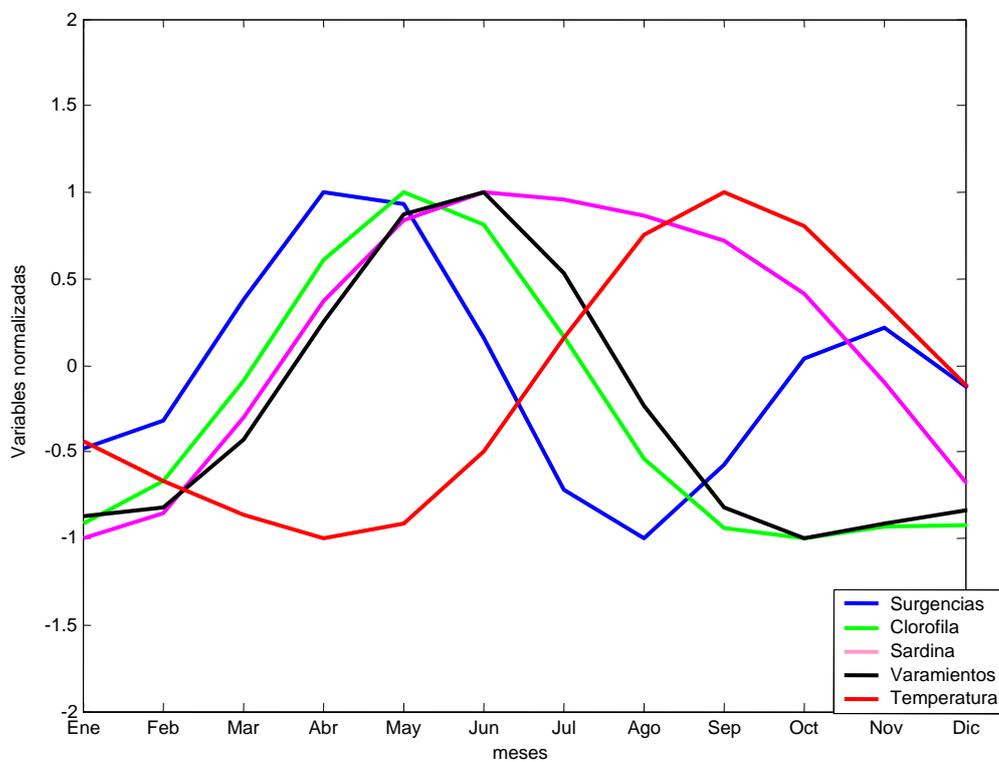


Figura 20. Evolución estacional de todas las variables normalizadas.

Tabla 8. Relación de fases del ciclo estacional y sus diferencias con respecto al índice de surgencias.

	Fase estacional	Δt días
TSMm	06-Mayo	-6
ISur	12-Mayo	0
CL_a	04-Junio	23
CSar	03-Julio	52
TMV	14-Julio	63

Modelo interanual

Los residuos al ciclo estacional, ecuación (1) lado derecho, son una combinación de variaciones rápidas con períodos de dos y tres meses más variaciones de largo período correspondientes a fluctuaciones interanuales (aquellas menores a tres años). El haber extraído el ciclo estacional con un método muy preciso y con resultados aceptables en las estimaciones de los errores del ajuste permite que la serie de residuos tenga un espectro de dos picos bien separados, el de altas frecuencias (intra-anales) y el de bajas frecuencias (inter-anales). Esta separación posibilita a su vez un análisis más fácil de los residuos ya que en la separación las bandas de frecuencias no se contaminan unas a otras (sesgado).

Los residuos al ciclo estacional de los varamientos se pueden correlacionar con el MEI. Este índice se construye con el análisis de componentes principales (ACP) de variables de escala global que describen la evolución de los fenómenos de El Niño/La Niña en sus frecuencias más altas. La Figura 21 muestra las series de tiempo del MEI y los residuos de los varamientos. La correlación es $r=0.54$ lo que induce a pensar que en los residuos de los varamientos existe una notable componente interanual durante el período de muestreo.

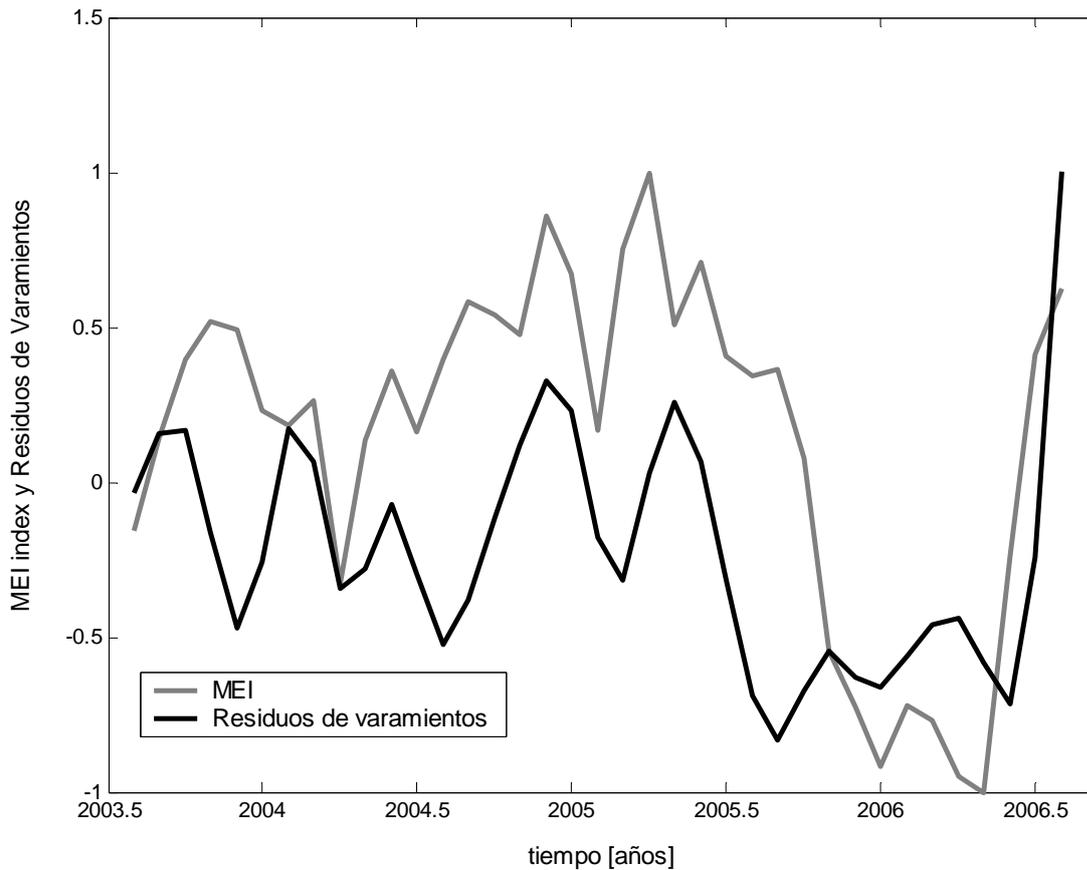


Figura 21. Correlación entre los residuos a la escala estacional de los varamientos y el MEI ($r = 0.54$, $p = 0.001$).

Para poder estimar la aportación de la variación interanual en los residuos a la estacionalidad, se realizó un análisis de componentes principales equivalente al que realiza la NOAA para estimar el MEI. El análisis de componentes principales, en base a la ecuación (3), permite estimar la armonía de las series de tiempo de los residuos a la estacionalidad en cuatro funciones que se correlacionaron con el MEI. La TSM no fue incluida debido a que por problemas del servidor de NOAA la serie no está completa. Las cuatro series de tiempo se muestran en la Figura 22, donde también se indica la varianza explicada de los residuos y el coeficiente de correlación con el MEI.

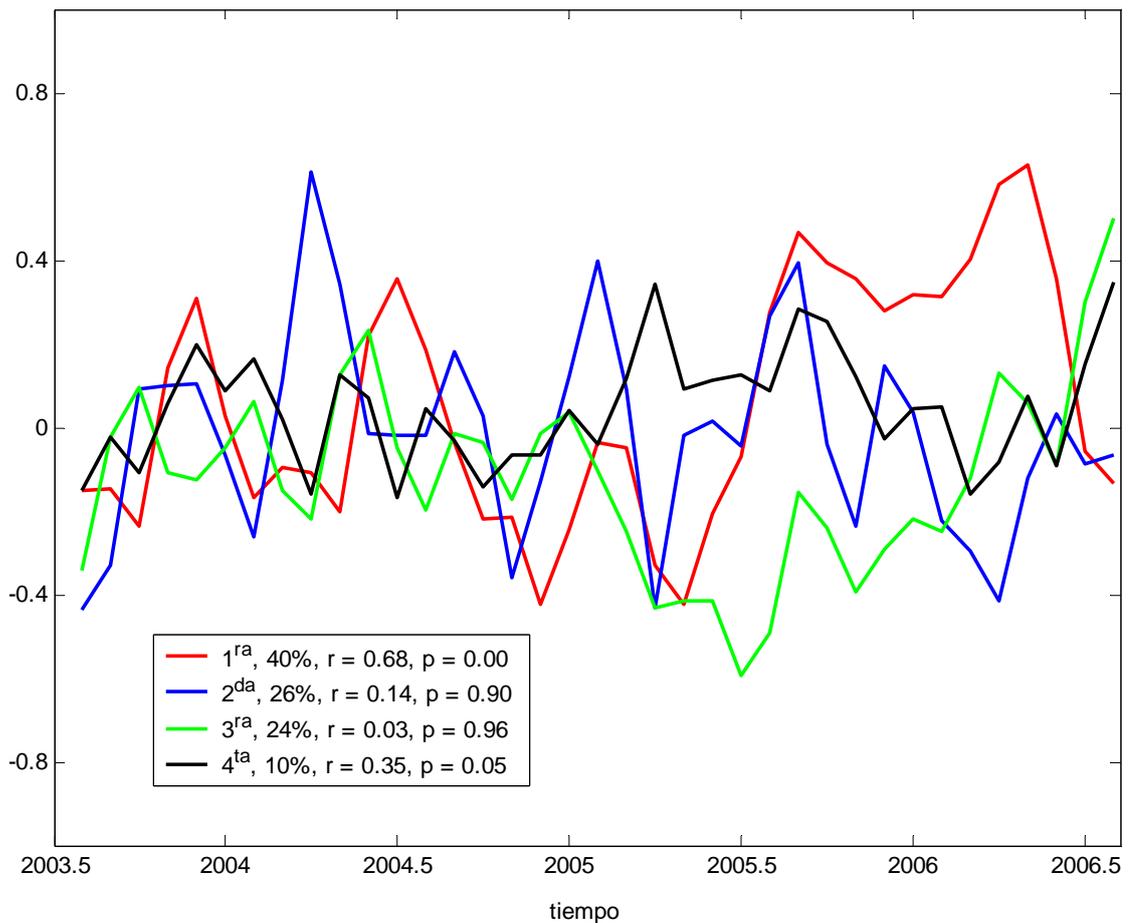


Figura 22. Componentes principales: series de tiempo, también se indican los resultados obtenidos al correlacionar cada una con el MEI.

La primera y cuarta series de tiempo (Fig. 22) correlacionaron significativamente con el MEI (nivel de confianza = 95%). Mientras que las dos restantes no lo hacen o la información interanual que contienen no es significativa como para tenerlas en cuenta. Esto no significa que su influencia no sea importante en la varianza (juntas representan el 50% de la variabilidad de los residuos) sino que no se encontró *a priori* un sentido físico o evento ambiental que les haya dado origen. Por esta razón el modelo interanual queda compuesto por la suma del primer y cuarto término de la ecuación (3).

La reconstrucción de los residuos interanuales normalizados en base al primer y cuarto componente se observa en la Figura 23, junto al MEI. Esta figura muestra que a diferencia del modelo estacional, en el interanual la incidencia de

varamientos disminuye (o aumenta) cuando las surgencias y la clorofila aumentan (o disminuyen). A su vez, se observa que el MEI correlaciona positivamente los eventos El Niño/La Niña con los varamientos y negativamente con las surgencias y clorofila.

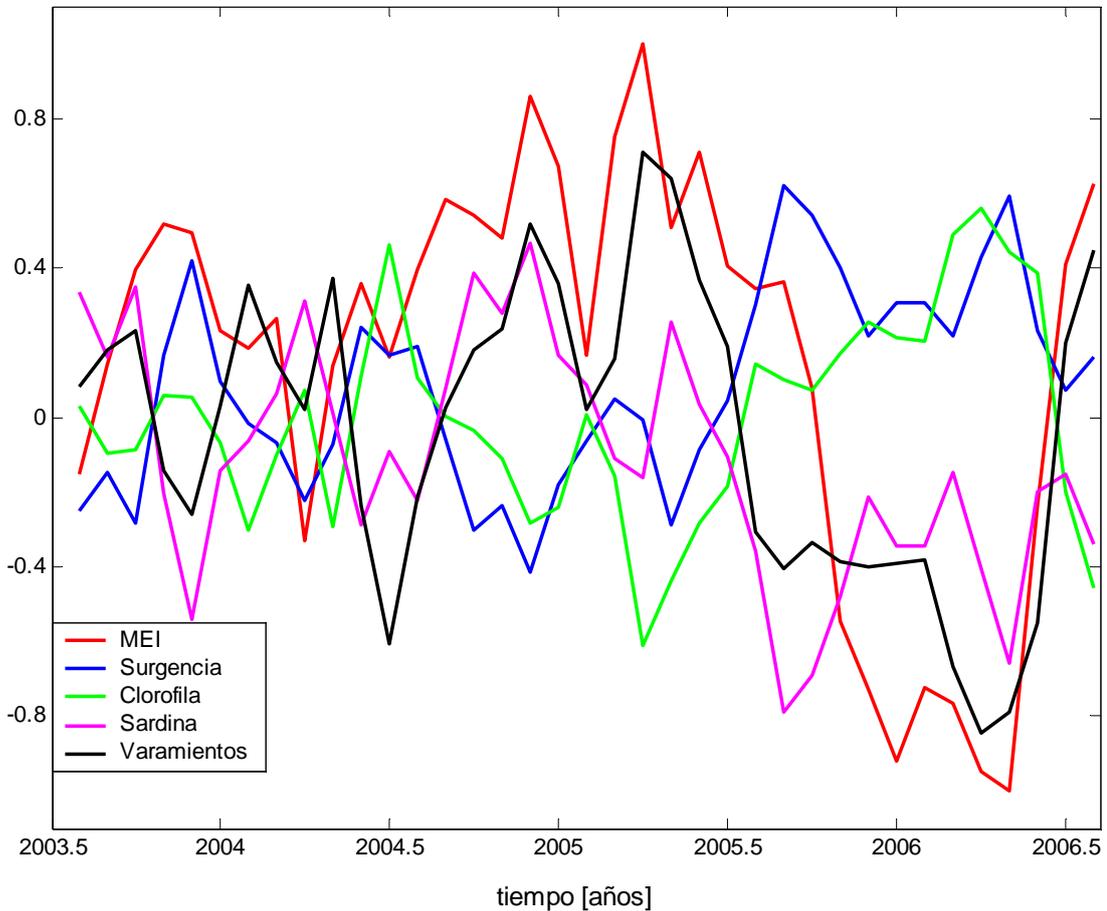


Figura 23. Parte interanual extraída de los residuos al ciclo estacional reconstruida con la componente 1 y 4 del ACP.

Modelo Total (anual-interanual)

Se construyó un modelo estadístico total como la suma directa de la parte estacional mostrada en las Figuras 15 a 19, más la parte interanual mostrada en la Figura 23 (previa des-normalización de las variables). De esta manera podemos observar cuanto explica nuestro modelo de cada variable (varianza local) (Fig. 24). En la Figura 25 se muestran los residuos no explicados, también

se indican sus varianzas que corresponden a la varianza no explicada por nuestro modelo.

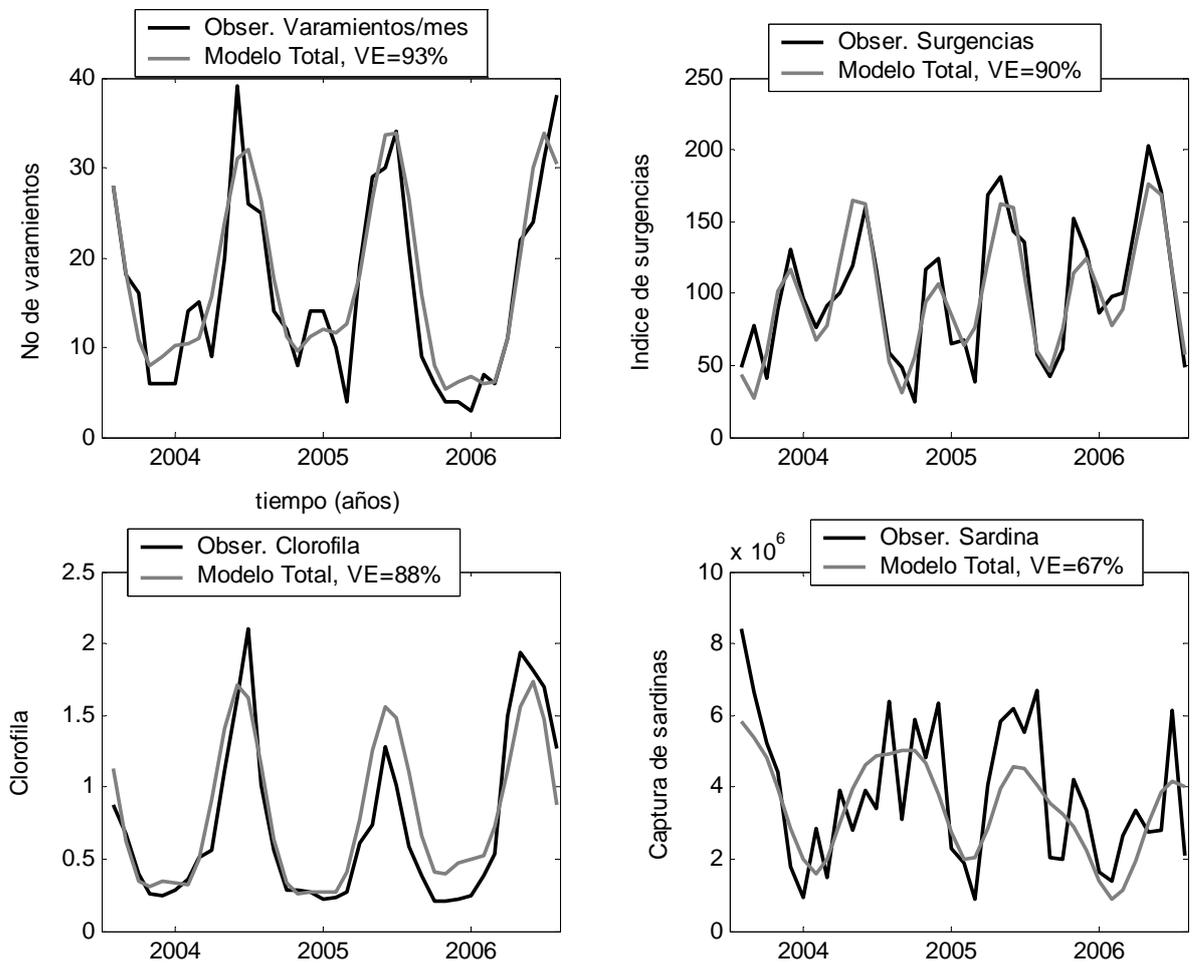


Figura 24. Modelo estadístico total y su varianza explicada (VE) para cada variable.

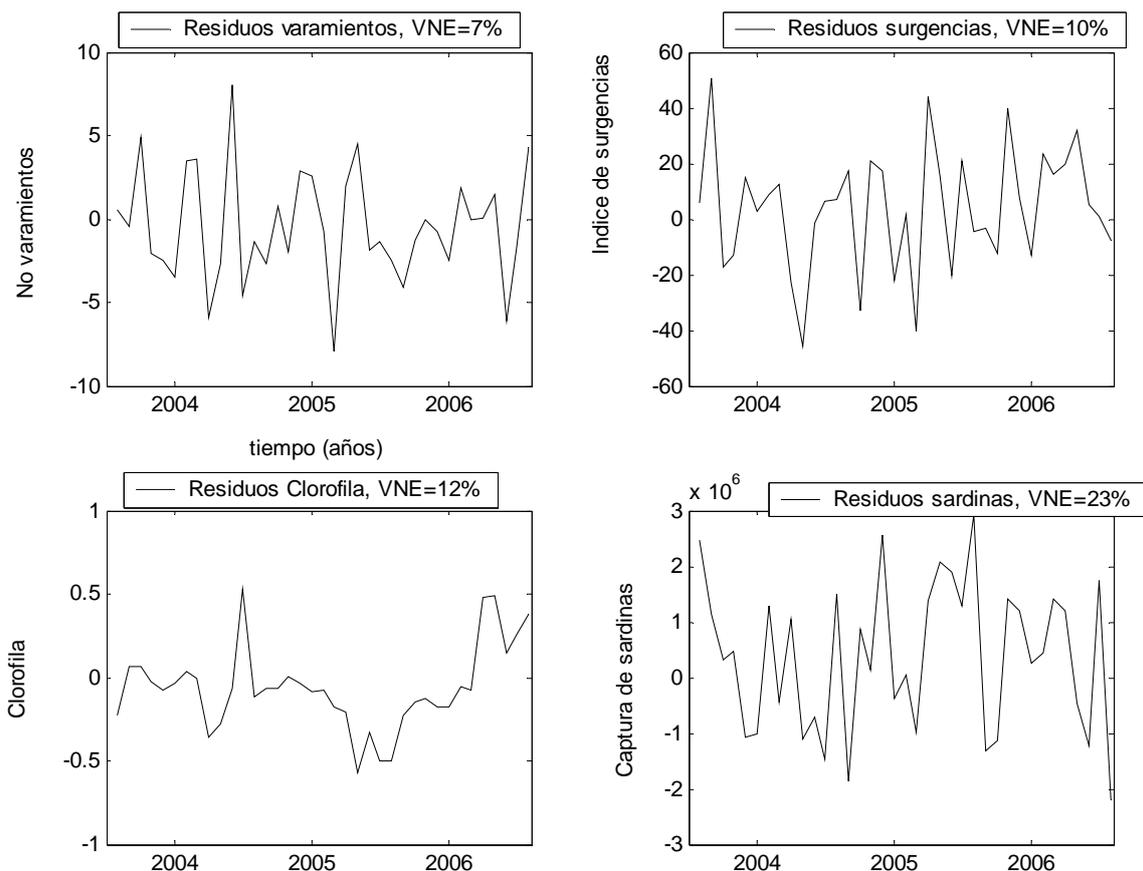


Figura 25. Residuos no explicados del modelo estadístico total (VNE= varianza no explicada).

Finalmente, la Figura 26 ilustra los porcentajes relativos explicados de los varamientos totales durante julio 2003 a julio 2006. El 4 % (mínimo corroborado) lo explican los varamientos con evidencias de interacción antropogénica que no fueron incluidos en el modelo anual-interanual. Del 96 % restante, el modelo estacional explica el 80% lo que representa el 77% del total de varamientos, mientras que el modelo interanual explica el 13% lo que representa el 12% del total. El 7 % no explicado puede atribuirse a la actividad de mesoescala (como la producida por remolinos, frentes, filamentos) que no hemos analizado en este trabajo o a errores propios del muestreo.

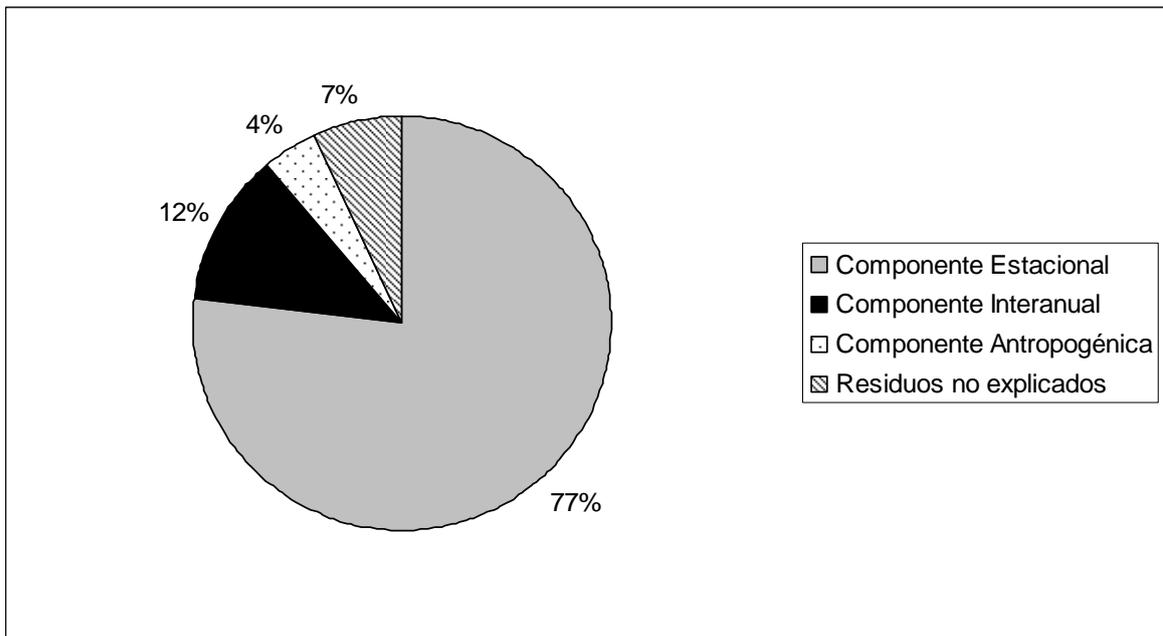


Figura 26. Influencia relativa de cada componente en los varamientos durante julio 2003 a julio 2006.

7.4. Relación entre los varamientos y los patrones migratorios y de residencia de las especies

A continuación se presenta una tabla descriptiva que contiene la lista de las especies de mamíferos marinos registradas en los varamientos y su presencia estacional en el área de estudio obtenida de bibliografía así como su presencia estacional registrada en los varamientos (Tabla 9).

Luego se presentan figuras sobre la temporalidad de los varamientos para las especies donde el número de registros fue mínimo de 10 individuos, esto con el fin de su posterior discusión comparándolo con bibliografía sobre las historias de vida de cada una.

Tabla 9. Lista de especies de mamíferos marinos y su presencia estacional para el área adyacente a Bahía Magdalena. Los cuadros grises significan la presencia de la especie durante la estación indicada. Los cuadros en blanco implican la ausencia de la especie o carencia de información. La V en los cuadros significa que la especie se registró varada durante esa temporada en el presente estudio.

NOMBRE COMÚN Y ESPECIE	ESTACIONES				PRESENCIA
	P	V	O	I	
MISTICETOS					
Ballena de aleta (<i>Balaenoptera physalus</i>)	V				Rara
Ballena jorobada (<i>Megaptera novaeangliae</i>)				V	Común
Ballena gris (<i>Eschrichtius robustus</i>)				V	Común
ODONTOCETOS					
Cachalote (<i>Physeter macrocephalus</i>)		V			Común
Mesoplodonte pigmeo (<i>Mesoplodon peruvianus</i>)		V			Rara (no inf.)
Ballena piloto (<i>Globicephala macrorhynchus</i>)		V			Común
Delfín de Risso (<i>Grampus griseus</i>)			V		Rara (no inf.)
Delfín nariz de botella (<i>Tursiops truncatus</i>)	V	V			Común
Delfín común de rostro largo (<i>Delphinus capensis</i>)	V	V			Común
Delfín común de rostro corto (<i>Delphinus delphis</i>)		V			Común
Delfín tornillo (<i>Stenella longirostris</i>)				V	Rara (no inf.)
Delfín de costados blancos del Pacífico (<i>Lagenorhynchus obliquidens</i>)	V	V		V	Común
PINNIPEDOS					
Lobo marino de California (<i>Zalophus californianus</i>)	V	V	V	V	Común
Elefante marino (<i>Mirounga angustirostris</i>)	V	V			Rara
Foca común (<i>Phoca vitulina richardsi</i>)	V	V			Rara

Lobo marino de California (*Zalophus californianus*)

Para el caso específico del lobo marino de California se pudieron comparar los datos de los varamientos con datos de censos mensuales realizados en la colonia reproductora de Isla Margarita en el año 1984. En la Figura 27 podemos observar como los varamientos tienen un comportamiento que parece acompañar las fluctuaciones poblacionales de la colonia. Al realizar la correlación entre ambas variables (Fig. 28) observamos una correlación positiva y significativa con $r = 0.9052$ y $p = 0.0001$.

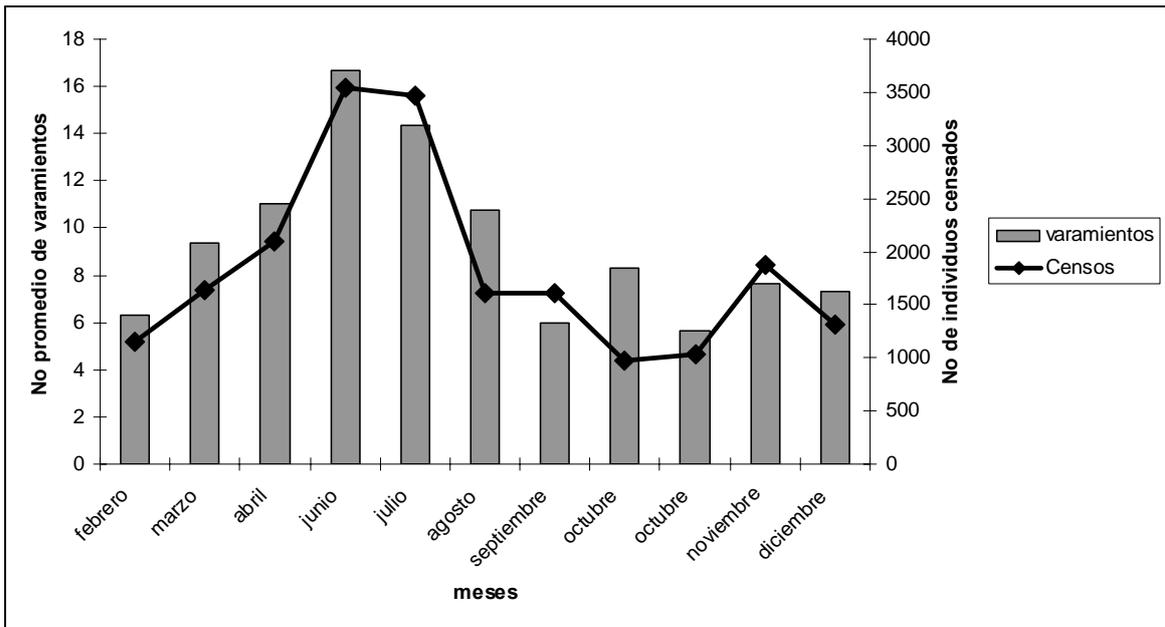


Figura 27. Censos mensuales del lobo marino de California en Isla Margarita durante 1984 (Auriolles-Gamboa, datos no publicado¹) y el número de individuos de la misma especie varados en Isla Magdalena (promedio para los tres años de estudio).

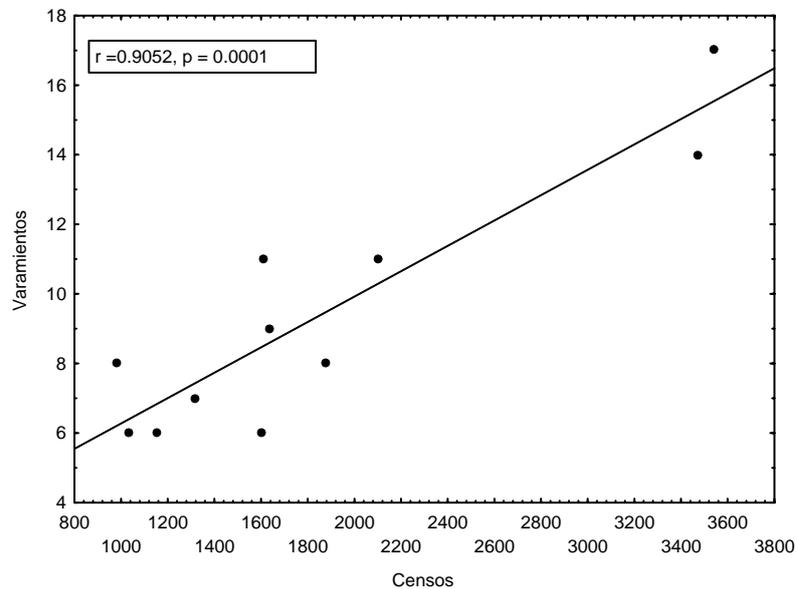


Figura 28. Correlación entre el número de lobos marinos contados en Isla Margarita durante los censos mensuales en 1984 y el número promedio de lobos marinos registrados en los varamientos.

Al analizar la frecuencia de varamientos de las distintas categorías de edad y sexo del lobo marino de California (Fig. 29) vemos que la categoría de machos adultos es la más notoria y se encuentra varando durante todo el año con dos picos importantes, uno en verano durante la temporada reproductiva (junio) y otro en invierno (enero). Los varamientos de subadultos se observan más o menos constantes durante todos los meses del año, salvo en diciembre que se observa un pico máximo. Los varamientos de hembras se observan más o menos constantes durante todos los meses del año, salvo en diciembre que se observa un pico máximo. Los varamientos de hembras, al igual que los machos, aumentan durante la temporada reproductiva considerablemente. En los juveniles se observa un aumento que comienza en la primavera y alcanza el máximo en mayo. Para las crías se observan pocos varamientos durante marzo, abril, mayo y junio.

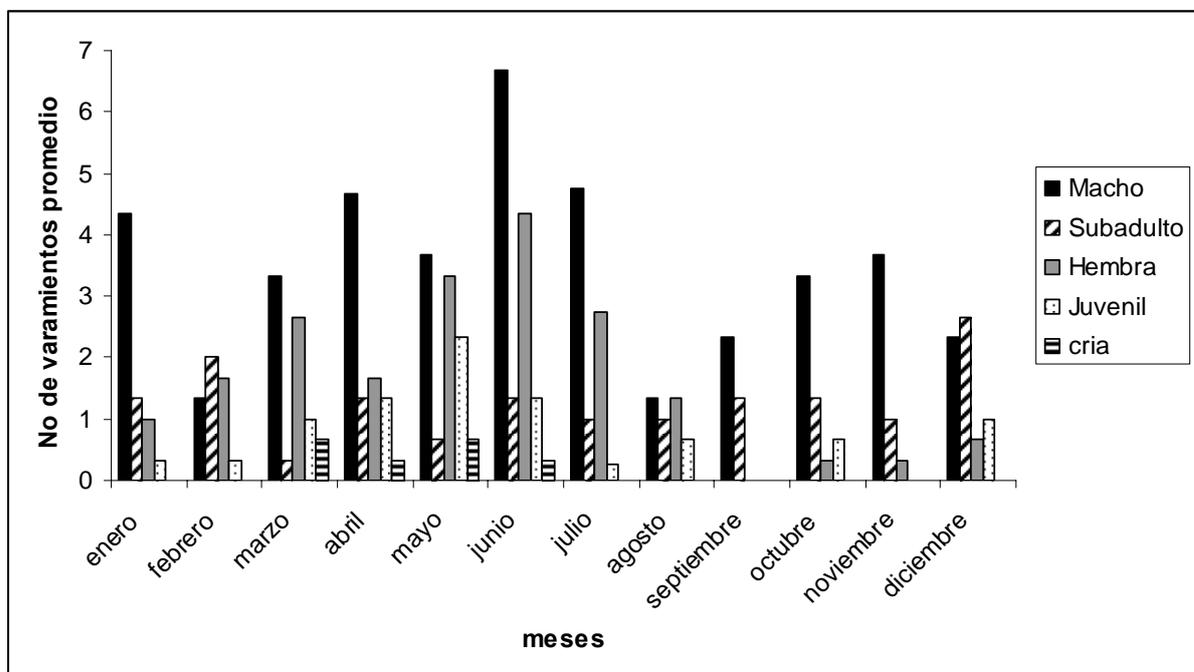


Figura 29. Frecuencia de varamientos de las distintas categorías de edad y sexo del lobo marino de California.

Foca común (*Phoca vitulina richardsi*)

Se registraron 37 focas comunes varadas, todas entre marzo y julio con el pico máximo en mayo (Fig. 30).

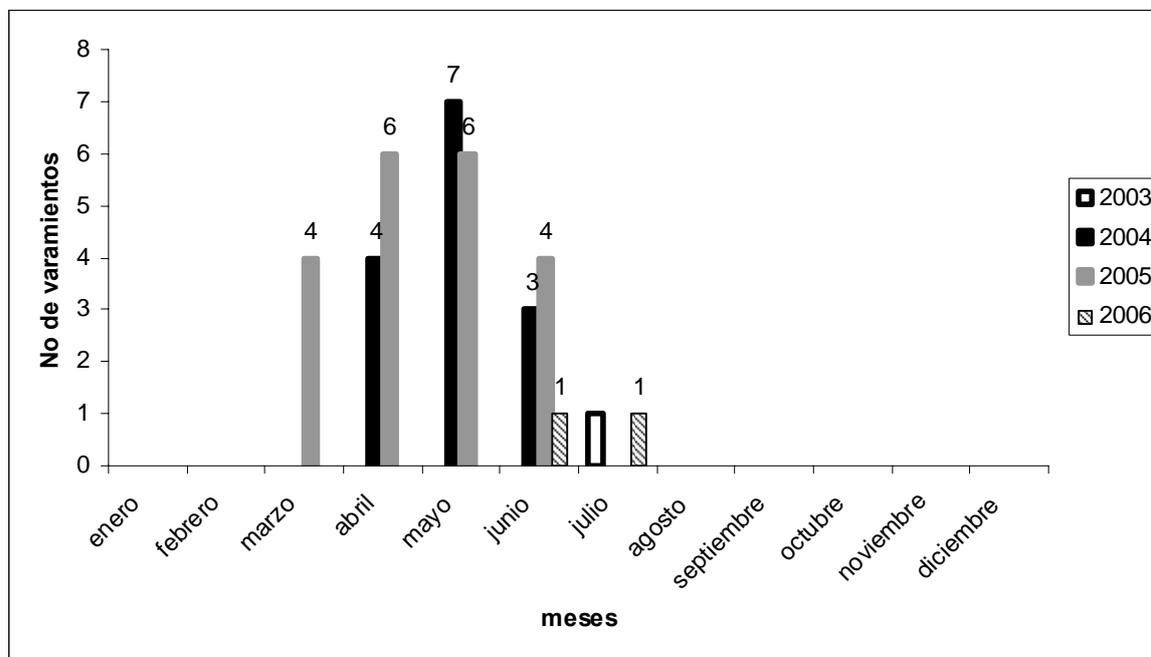


Figura 30. Frecuencia de varamientos de la foca común (*Phoca vitulina richardsi*).

Se categorizaron según su longitud total (LT) en: crías o juveniles cuando $LT < 1.19$ m y en adultos cuando $LT > 1.2$ m (Reeves, 1992). En la Figura 31 podemos observar que el 70% ($n= 26$) fueron crías o juveniles, el 27 % ($n= 10$) fueron adultos y una se encontró solo el esqueleto por lo cual no se pudo categorizar. Podemos destacar que en mayo, donde se observa el pico máximo de varamientos de esta especie, todos los individuos fueron crías o juveniles (exceptuando el esqueleto que no se pudo categorizar).

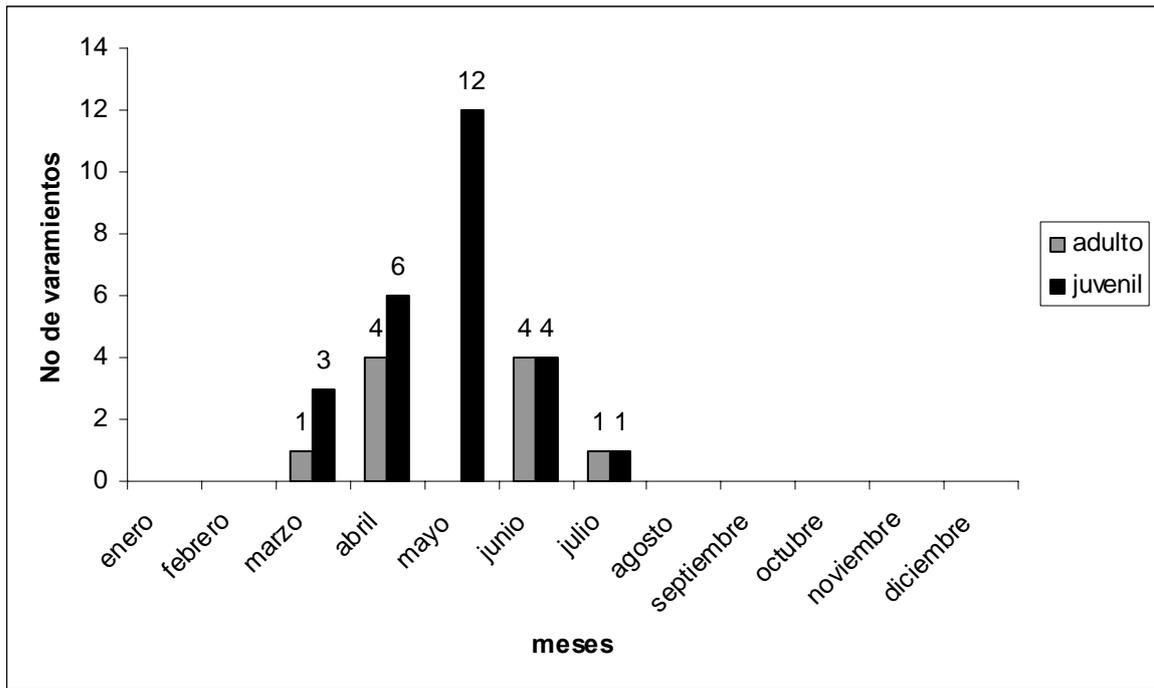


Figura 31. Varamientos de adultos y juveniles de la foca común (*Phoca vitulina richardsi*) para los tres años de muestreo acumulados.

Elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*)

Se registraron 13 elefantes marinos, 12 animales considerados juveniles (LT < 2 metros) y un macho adulto (3.7 metros de LT) en el mes de septiembre 2004. En el año 2006 es cuando se dieron la mayoría de los registros de esta especie teniendo un máximo de 3 individuos en el mes de julio. Por otro lado, todos los individuos vararon entre primavera y verano, destacándose que el 61.5% (n = 8) de los individuos vararon entre abril y mayo de los distintos años de muestreo (Fig. 32).

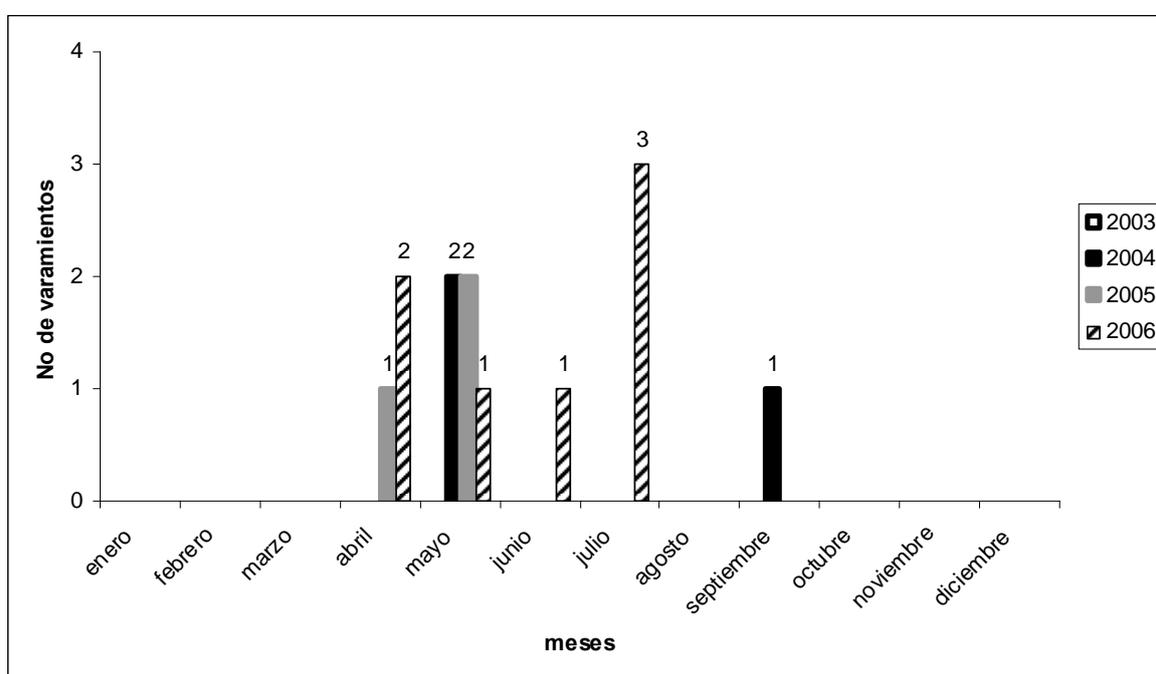


Figura 32. Frecuencia de varamientos del elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*).

Delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*)

Se registraron 48 delfines de rostro largo, todos durante la primavera y el verano (entre marzo y septiembre). En la Figura 33 se puede observar el pico máximo en junio de 2005 alcanzando los 15 individuos varados.

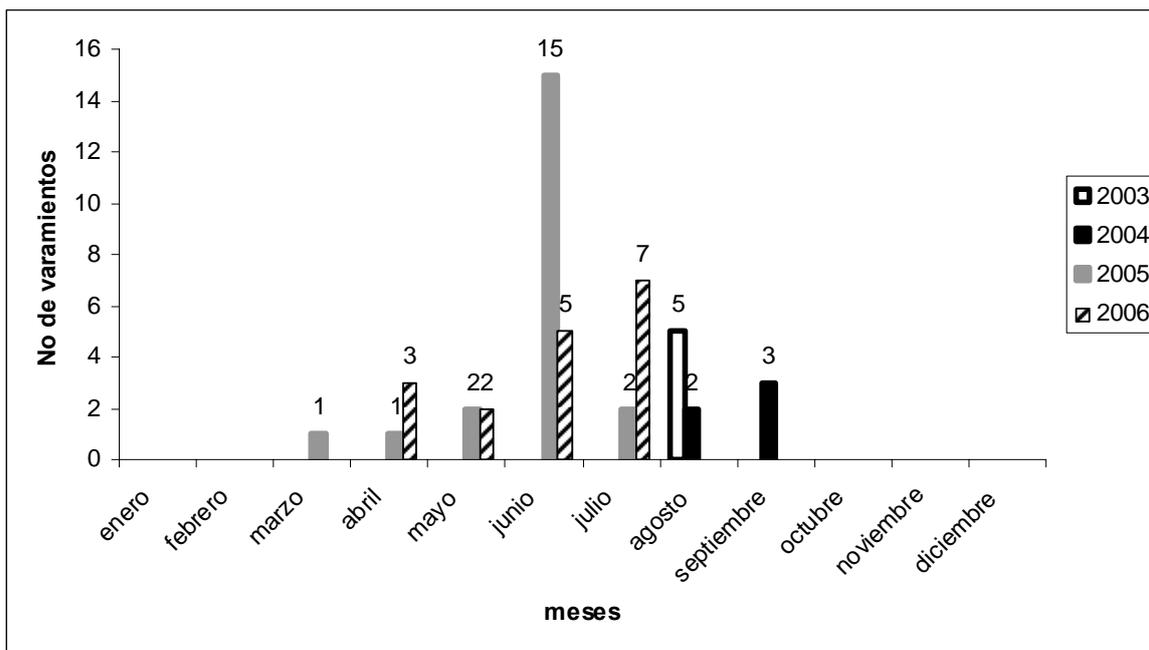


Figura 33. Frecuencia de varamientos del delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*).

Delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis*)

Para esta especie se registraron 18 individuos varados, todos entre mayo, junio, julio y agosto. En julio tanto del 2003 como del 2006 es cuando se registraron los máximos de 4 delfines (Fig. 34).

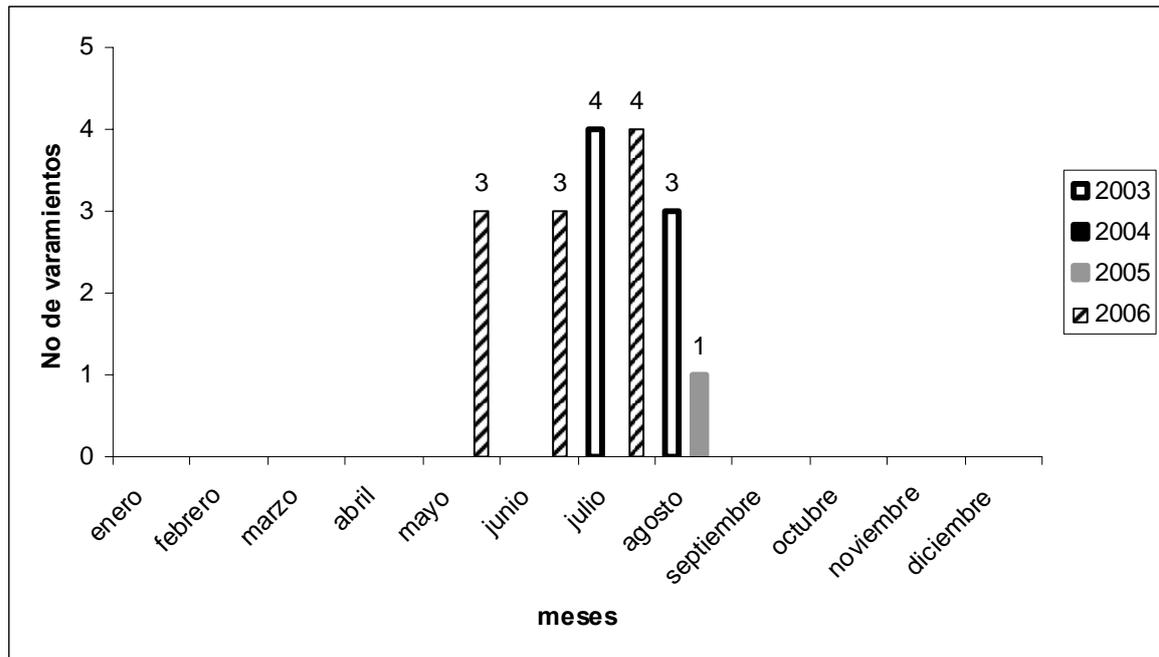


Figura 34. Frecuencia de varamientos del delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis*).

Delfín común (*Delphinus sp.*)

Se registraron 19 individuos catalogados como *Delphinus sp.* ya que no pudieron identificarse a nivel de especie. En la Figura 35 se observa nuevamente la presencia exclusiva de primavera y verano de ambas especies (delfín común de rostro largo y de rostro corto).

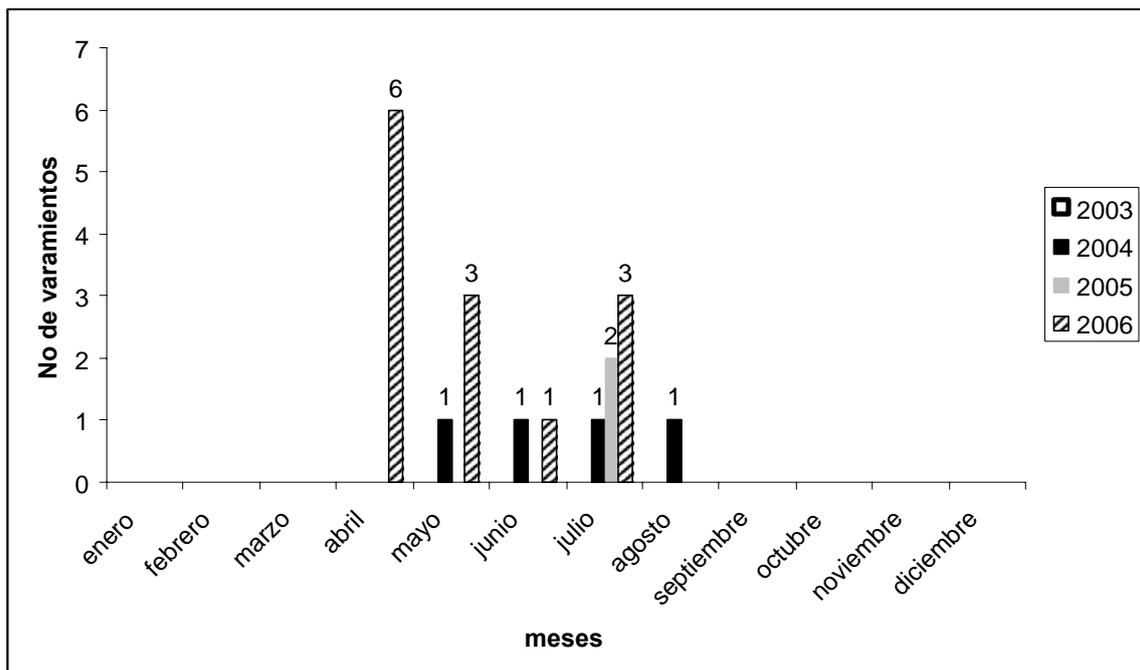


Figura 35. Frecuencia de varamientos de *Delphinus sp.*

Delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*)

Se registraron 22 delfines nariz de botella en los varamientos, todos entre febrero y septiembre, con el máximo en mayo. El 55% se encontraron durante el año 2006 (Fig. 36).

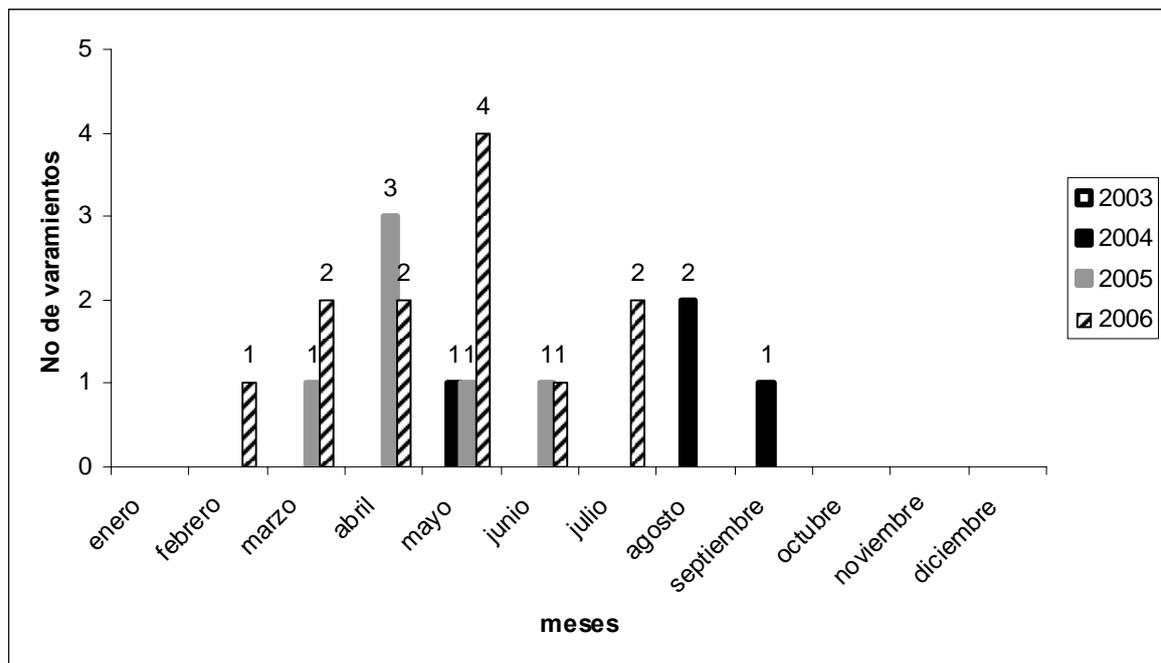


Figura 36. Frecuencia de varamientos del delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*).

8. DISCUSIÓN

8.1. Información sobre varamientos

8.1.1. Frecuencia y Abundancia

Se registraron 602 individuos varados en tres años de muestreo (julio 2003-julio 2006); este valor es comparativamente alto en relación a registros de varamientos realizados en otras partes del mundo y en otras regiones del país. Esto se debe a tres causas principales: 1) La ZTTT es un área altamente productiva, con condiciones oceanográficas que permiten la coexistencia de especies de características templadas y tropicales, lo que a su vez genera una alta ocurrencia (en abundancia y diversidad) de mamíferos marinos en la región; 2) la configuración de la costa en el Golfo de Ulloa y principalmente en Isla Magdalena podrían generar corrientes costeras locales que facilitarían que los cadáveres de animales muertos en el mar se depositen en la playa occidental de la Isla; y 3) particularmente en México son muy pocos los trabajos en los que se han realizado muestreos sistemáticos como el nuestro, que permitan registrar la gran mayoría de varamientos y a su vez detectar el patrón temporal de los mismos en un área determinada.

En nuestro estudio se observa un importante patrón estacional, los varamientos comienzan a incidir en abril con mayor frecuencia llegando a su máximo a inicios del verano (en promedio más de 24 varamientos/mes entre abril y julio) mientras que en los meses restantes se detectan entre 14 y 6 animales mensualmente. Estos resultados son similares a lo reportado en los escasos trabajos que analizan la frecuencia y la abundancia de varamientos para otras áreas de México. Entre estos encontramos el de Bravo *et al.* (2005) quienes reportan que la mayor incidencia de varamientos en Bahía Todos Santos, Ensenada, se da en primavera con el 55% de los registros. A su vez, Delgado-Estrella *et al.* (1994) en el norte del Golfo de California, detectan que la incidencia de varamientos se incrementa durante la primavera, tanto en abundancia de individuos como en variedad de especies.

Este patrón estacional de varamientos también se ha observado en la zona de Bahía Magdalena para la langostilla *Pleuroncodes planipes*, que genera varamientos masivos principalmente en la primavera de abril a junio (Aurioles-Gamboa *et al.*, 1994). Se ha mencionado que en esa época se produce la temporada reproductiva de la especie y que está sincronizada con el momento en que las surgencias costeras son más intensas y el fitoplancton es más abundante (Blackburn, 1969).

En Estados Unidos los estudios a largo plazo son más comunes gracias a la preocupación que ha tenido la población por este fenómeno (NOAA, 2000). Sin embargo la mayoría de los trabajos no son comparables con el nuestro ya que aunque generalmente analizan períodos de estudio muy largos, estos tienden a cubrir áreas geográficas muy extensas (Hanni *et al.*, 1997; Norman *et al.*, 2004; Colengrove *et al.*, 2005; Greig *et al.*, 2005), lo que resulta en una fragmentación de la información e impide detectar los patrones locales.

8.1.2. Riqueza y Diversidad

De las 36 especies de mamíferos marinos (8 mysticetos, 24 odontocetos y 4 pinnípedos) presentes en las aguas del Océano Pacífico Oriental Mexicano (Aurioles Gamboa, 1993), estuvieron representadas en los varamientos el 42% (incluyendo 15 especies divididas en tres grupos: 3 mysticetos, 9 odontocetos y 3 pinnípedos). Este valor es relativamente alto teniendo en cuenta que no todas las especies que ocurren en el Pacífico Oriental Mexicano están presentes a la altura de la Península de Baja California y que algunas de las que sí están reportadas para la costa del Pacífico de Baja California sólo están transitando por la región para dirigirse a otra zona donde su presencia es frecuente y/o abundante. Así mismo hay que mencionar que varias de estas especies tienen hábitos oceánicos y por tanto baja probabilidad de aparecer varados en la costa.

Sin embargo, tenemos 2 especies registradas en los varamientos que según Aurioles Gamboa (1993) sí están reportadas para la zona del Pacífico Oriental Tropical Mexicano y para el Golfo de California, pero no para el área del Pacífico de Baja California. Éstas son el zífido *Mesoplodon peruvianus*, aunque

éste se ha registrado recientemente en el sur de California (Reeves *et al.*, 2002) y el delfín tornillo *Stenella longirostris*, para esta especie otros autores manejan como límite norte de su distribución alrededor de los 27° N (Perrin *et al.*, 1983). En ambos casos, es importante recalcar que estos registros resultan interesantes ya que en estos varamientos se puede estar vislumbrando una extensión en el rango de distribución de la especie, un incremento en la población o condiciones oceanográficas anómalas producidas por fenómenos de El Niño que ocasionan que especies de características tropicales ocurran en zonas de latitudes más altas a lo habitual en su distribución; esto ya ha sido observado por otros autores como Wiley *et al.* (1995) para la ballena jorobada y Hanni *et al.* (1997) para el lobo fino de Guadalupe. Sin embargo, puede ser también que dado que se sabe poco sobre la distribución de estas especies y particularmente en esta área escasamente estudiada, lo que estamos observando es su distribución normal, que solamente estudios de mediano o largo plazo las detectan. Es decir, que el registro de una especie como *Stenella longirostris* puede no implicar ninguno de los supuestos mencionados.

Un aspecto que se destaca sobre la riqueza y diversidad en los varamientos es la alta dominancia de una especie frente a todas las demás: el lobo marino de California abarca el 57% de los registros. Esta alta incidencia de lobos se debe principalmente a dos razones, por un lado estamos hablando de una especie local que tiene una colonia reproductora cercana (Isla Margarita) con una población de alrededor de 4000 individuos y que utiliza Cabo San Lázaro (en Isla Magdalena) como sitio de descanso, con fluctuaciones bruscas que van desde 2 hasta 375 animales de un día al otro (Bautista Vega, 2002); a su vez los lobos marinos pasan gran parte de su vida en tierra, por lo que es muy probable que varios animales hayan muerto directamente en la playa de Isla Magdalena, estos casos igualmente se consideran como varamientos dada la definición que se ha dado en el glosario.

Con respecto a la diversidad se encontró para todos los años de muestreo, que en el mes de abril se comienza a observar un aumento tanto en el índice de Shannon-Wiener, manteniéndose alto hasta julio-agosto, como en la riqueza específica. Esto sugiere que la mayoría de las especies de mamíferos marinos

varados se encontraban ocupando la región durante finales de primavera y verano, períodos en los que, en este estudio, se observa una alta productividad en el ecosistema costero adyacente al área lo que implicaría directamente una alta disponibilidad de alimento en la zona.

8.2. Varamientos con evidencias de interacción antropogénica

En nuestro estudio el número de individuos que poseían marcas con evidencias de interacción con pesquerías fue relativamente bajo, sólo el 4% de todos los varamientos registrados. En otros estudios como el de Delgado-Estrella *et al.* (1994) y el de Bravo *et al.* (2005) el registro de varamientos con evidencias de interacción fue mucho más alto, del 12% (n=14 de 115) y del 17% (n=26 de 153) respectivamente.

A pesar de que las interacciones como enmalle en redes de pesca, mutilación de aletas, colisión con embarcaciones, disparos de armas, etc. pueden ser identificadas fácilmente en los cuerpos de los mamíferos marinos varados es frecuente que, como mencionan Read y Murray (2000), la autólisis *postmortem* o daños debido a carroñeros puedan opacar las evidencias físicas de estas interacciones. Por lo que el bajo porcentaje encontrado en nuestro trabajo pudo deberse, en principio, a que muchos animales se encontraban en un estado avanzado de descomposición, dificultando la identificación de marcas, en particular cuando los cuerpos estaban sin la piel externa o cuando ya habían comenzado a fragmentarse.

El número alto de organismos en estado de descomposición avanzado llama la atención teniendo en cuenta el intenso esfuerzo de muestreo, lo que nos induce a pensar que muchos de estos animales murieron en el mar y se mantuvieron flotando por varios días antes de llegar a la playa (los cuerpos se observan altamente descompuestos luego de aproximadamente 3 a 7 días de su muerte). Esto genera la pregunta de que si alguna pesquería pelágica como la de tiburón o la de atún, que se realiza mar afuera, pudiera estar produciendo enmalles difíciles de detectar que fueran la causa de muerte de mamíferos

marinos en el área. Además, hay que tener en cuenta que frecuentemente los pescadores utilizan los delfines que caen en sus redes como carnada para la pesca de tiburón (Zavala-González *et al.*, 1994) por lo que generalmente esos cuerpos ya no llegan a la playa y subestiman el porcentaje con respecto a la interacción que se da entre mamíferos marinos y el humano.

Por otro lado, la información que se tiene sobre las pesquerías que se llevan a cabo en la región externa de Bahía Magdalena (costa del Océano Pacífico) es muy escasa, sólo se sabe que el esfuerzo pesquero en esta área para la flota menor (pangas) no es muy importante (alrededor del 5 al 10% del total reportado para toda la zona de Bahía Magdalena). Estas pesquerías se dedican principalmente a la explotación de peces demersales como pierna y cabrilla, peces pelágicos como jurel y tiburón y eventualmente calamar, sin embargo, no toda la captura es registrada (Ramírez-Rodríguez, com. pers. ³), además en esa zona opera la flota mayor (barcos de aprox. 45 pies de eslora) que se dedica principalmente a la pesca de tiburón tendiendo 2000 m de redes de enmalle a la deriva o 20 Km de palangres con 700 anzuelos (Rivera, 2004), por lo que no debemos menospreciar el efecto que ambas flotas pudieran tener sobre los mamíferos marinos.

Otros dos factores que a su vez pudieron influir en la detección de las marcas de interacción fueron: por un lado que algunos animales se encontraron luego de que habían sido devorados por carroñeros como buitres o coyotes (3%), en esos casos faltaban partes del cuerpo que debían ser examinadas; y por otro, el entrenamiento del personal de campo para identificar las marcas fue mejorando con el tiempo por lo que, en este sentido, se sospecha de una subestimación durante el primer año de muestreo.

(3) Ramírez-Rodríguez, M. 2007. Departamento de pesquerías y biología marina. CICIMAR-IPN. La Paz. México.

Al realizar el ejercicio de aplicar los diferentes criterios para determinar la proporción de animales con evidencias de interacción antropogénica se observó que si sólo consideramos a los varamientos donde los individuos se encontraban en estados de descomposición 1 y 2 el porcentaje asciende a 14% y si tenemos en cuenta el registro fotográfico considerando a los animales en estados 1 y 2 el porcentaje se eleva a 16%, por lo que ambas estimaciones aportan valores muy similares que deberían de ser considerados a la hora de evaluar el impacto de las pesquerías en los mamíferos marinos del área.

Esta interacción entre mamíferos marinos con actividades antropogénicas como las pesquerías es generalmente operacional y se le conoce como bycatch o captura incidental en español, resultando frecuentemente en la muerte o en severos daños para los animales que son capturados y luego descartados (Alverson *et al.*, 1994; Read *et al.*, 2006). Se ha reportado para varias especies que esta interacción genera graves problemas poblacionales, como por ejemplo para el lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*) (Fowler, 1982; Fowler *et al.*, 1993), para la vaquita marina (*Phocoena sinus*) (Rojas-Bracho *et al.*, 2006) o para el delfín de Héctor (*Cephalorhynchus hectori*) (Pichler y Baker, 2000).

En este estudio, la especie con mayor interacción antropogénica fue *Zalophus californianus*, además de haber sido el único pinnípedo. Para esta especie es bien conocida la interacción con la pesca ribereña, dado que los lobos se reproducen en islas costeras asociadas a regiones de alta productividad, como las zonas de surgencias donde operan muchas pesquerías (Costa, 1993) como las mencionadas para el área de Bahía Magdalena.

Varios trabajos han medido la incidencia de enmalle de esta especie en colonias dentro del Golfo de California (Harcourt *et al.*, 1994; Zavala-González y MellinK, 1997; Aurióles-Gamboa *et al.*, 2003) y en las costas de California (Stewart y Yochem, 1990; Hanni y Pyle, 2000), sugiriendo que el porcentaje de animales vivos con marcas de enmalle varía desde 0.1 a 8%. La información sobre colonias en la costa occidental de Baja California Sur es casi nula, sólo se ha estimado que en las Islas San Benito los valores son cercanos al 0.1%

(Aurióles-Gamboa, com. pers. ⁴). Particularmente para la colonia de Isla Margarita no existe información sobre este tema, lo que impide una comparación entre lo observado en los animales vivos con lo encontrado en los varamientos, sin embargo, en el área de descanso de Cabo San Lázaro, mientras se realizaban los muestreos de varamientos, fue frecuente observar varios animales con restos de redes en el cuerpo. Con respecto a los orificios de bala, ya se ha reportado en varias ocasiones el ataque de pescadores con armas de fuego hacia los lobos con el argumento de que estos les rompen los artes de pesca (Gallo, 1986; Delgado-estrella *et al.*, 1994; Bravo *et al.*, 2005).

A pesar de que para la población del lobo marino en la colonia reproductora de Los Islotes, Golfo de California (la que tiene el mayor índice de enmalle reportado) aún no se ha registrado un efecto negativo debido al enmalle en algunas variables poblacionales como la fecundidad o la condición corporal de las crías con madres enmalladas (Elorriaga-Verplancken, 2004), no se deben pasar por alto las consecuencias de esta interacción, que afecta tanto a los animales como a los pescadores.

(4) Aurióles-Gamboa, D. 2007. Laboratorio de Ecología de Pinnípedos. CICIMAR-IPN. La Paz. México.

Para el caso de los cetáceos, el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) fue la especie con más individuos afectados, además se registraron la categoría de delfín no identificado, el delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis*), el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y la ballena piloto (*Globicephala macrorhynchus*). Estas especies coinciden con las registradas por Zavala-González *et al.* (1994) en una nota sobre las interacciones de la pesquería artesanal con cetáceos en México, donde también detectan que la mayor interacción ocurre con los delfines comunes de rostro largo y corto (*Delphinus* sp.), así como con *Tursiops truncatus* y *Globicephala macrorhynchus* entre otros. En otras regiones del mundo, como el Mar Mediterráneo, también se ha reportado que uno de los grupos de cetáceos con mayor interacción con pesquerías (como con la de anchoveta en Italia, por ejemplo) es el delfín común, de tal manera que algunos pescadores los consideran como una “plaga” y otros aprovechan las concentraciones de peces que forman los delfines en las superficies para pescar (Bearzi *et al.*, 2003).

A pesar de que existen pocas estimaciones publicadas sobre la magnitud de la captura incidental en las pesquerías, se sabe que las consecuencias probablemente tengan efectos demográficos que pudieran ser una amenaza significativa para muchas poblaciones de mamíferos marinos (Read *et al.*, 2006), por lo que se requieren más y mejores datos para entender el impacto de estas interacciones. Los varamientos en este contexto son una herramienta que nos permite estimar, al menos, una tasa mínima de mortalidad debido a interacción antropogénica.

8.3. Variables ambientales (físicas y biológicas) y su relación con la tasa mensual de varamientos

Modelo Estacional

Las series de tiempo de las variables mensuales muestran oscilaciones de mesoescala (60 a 150 días), estacionales (anual y semianual) e interanuales de corto período (uno a tres años). Este espectro de frecuencias prácticamente continuo sólo puede ser separado si existe una bondad del ajuste estacional como el mostrado en la Tabla 7. La bondad del ajuste se refleja en los errores bajos y en la alta varianza explicada, excepto para la sardina. Al extraer la señal estacional de las observaciones los residuos se separan en frecuencias altas (mesoescala) e interanuales distantes entre sí, resultado que luego facilita el análisis del modelo interanual.

El hecho de que el modelo estacional explique el 80% de la varianza en la tasa mensual de varamientos nos indica que en el período de muestreo las oscilaciones interanuales tienen un peso relativamente bajo.

Con las fases resultantes del ajuste estacional pudimos construir, en base a su progresión, un modelo conceptual que muestra la evolución temporal del ecosistema. En éste se puede observar como el máximo de surgencias ocurre prácticamente con el mínimo de temperatura superficial en el mes de mayo (los 6 días de diferencia están dentro de los errores cometidos al estimar la fase, ver Tabla 7). Esto refleja principalmente el enfriamiento superficial durante invierno y el enfriamiento por aporte de agua fría del fondo. A los 23 días se presenta el máximo de clorofila lo que sugiere un ecosistema con elevada productividad primaria. Los valores altos de clorofila coinciden con los obtenidos por Espinosa-Carreón *et al.* (2004) para una región inmediatamente al norte de la nuestra (ambos $>1 \text{ mg/m}^3$). El máximo de capturas de sardinas ocurre a principios de Julio, considerándose así como un ecosistema con un nivel trófico mayor, el cual permitiría una alta presencia de mamíferos marinos alimentándose en el área.

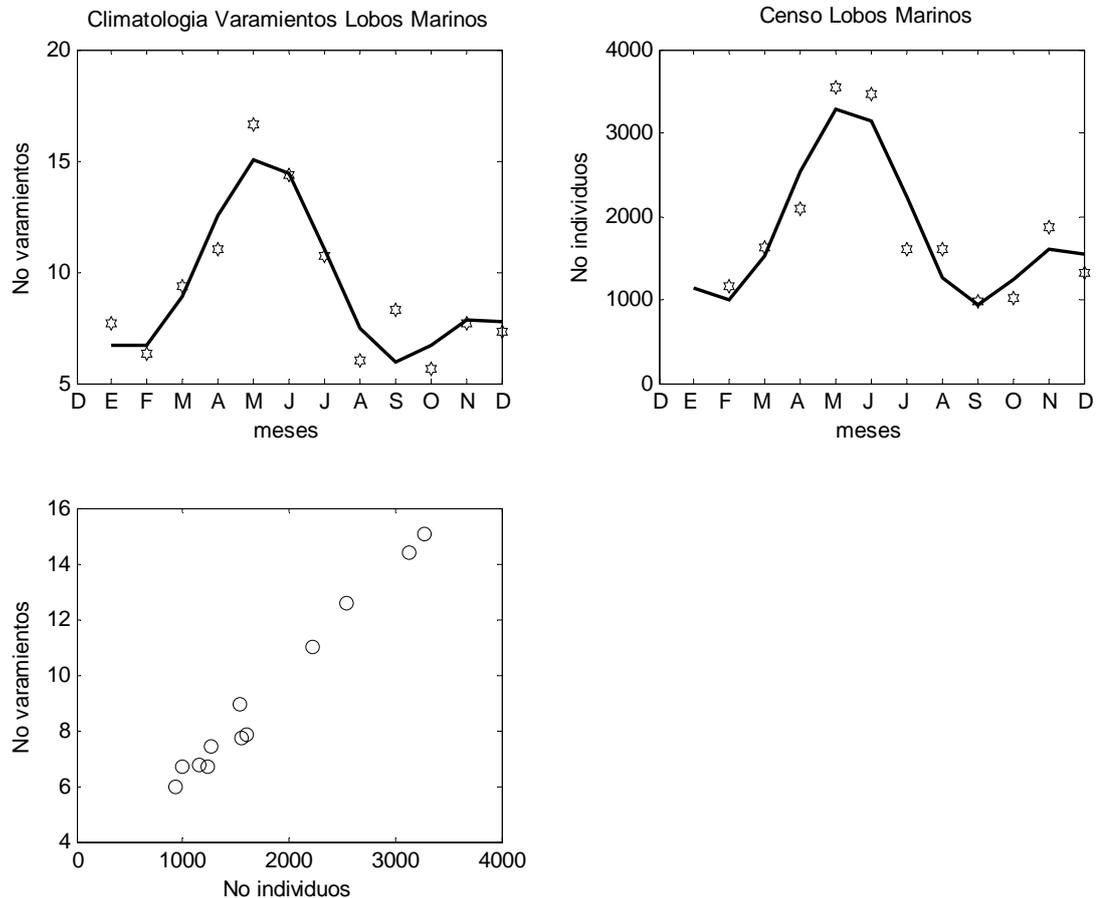
Es bien conocido que en los ecosistemas marinos costeros suceden procesos oceanográficos (como las surgencias) que son especialmente importantes para el desarrollo de las cadenas tróficas a nivel regional. En este modelo toda la evolución temporal del ecosistema desde que se detecta el máximo en el índice de surgencias hasta que se reportan las máximas capturas de sardinas tarda aproximadamente 52 días, resultado interesante teniendo en cuenta que trabajos previos han demostrado como los patrones de ocurrencia tanto de pinnípedos como de cetáceos están relacionados a la abundancia de sus principales presas (Sydeman y Allen, 1999; Keiper *et al.*, 2005; Soldevilla *et al.*, 2006). Bajo estas premisas, podemos unir la evolución de la fase del ecosistema con la fase de los varamientos si proponemos que cuando el ecosistema está desarrollado ocurriría una gran abundancia de mamíferos marinos en el área y como conclusión incrementa el número de varamientos registrados en las playas adyacentes.

Estos resultados son interesantes ya que coincide el momento del mayor número de especies y la mayor diversidad con el momento en el que el ecosistema adyacente a la zona costera se encuentra en su florecimiento, es decir, cuando el ecosistema es altamente productivo. Esto podría indicar que efectivamente, los varamientos son un reflejo de la dinámica poblacional de las especies de mamíferos marinos que se congregan en el área de estudio para alimentarse, ya sean residentes o migratorios.

Cabe mencionar que en este trabajo no intentamos identificar las causas de muerte de los animales, estas podrían deberse a diversos factores como enfermedades, longevidad, depredación, accidentes, etc. Lo que proponemos es que la abundancia de varamientos está asociada a la abundancia de mamíferos marinos en la zona, tal y como lo han observado otros autores (Mead, 1979; Woodhouse, 1991; López *et al.*, 2002).

Con el fin de reforzar nuestra hipótesis de que la estacionalidad de los varamientos sigue a la estacionalidad de la dinámica poblacional de las especies de mamíferos marinos, calculamos la señal estacional a partir de la climatología de los varamientos del lobo marino de California y de datos de censos mensuales

de la misma especie para el año 1984 en Isla Margarita. Como se puede ver en la Figura 37 el ajuste estacional para cada variable tiene una fase similar (paneles superiores), a tal punto que su correlación directa (panel inferior) da un coeficiente $r = 0.9914$ con una $p = 0.0000$ significativa.



Correlacion ciclo estacional de varamientos y censos: $r = 0.9914, p = 0.0000$

Figura 37. Observaciones climatológicas (hexagramas) y su ajuste estacional (línea continua). Panel superior izquierdo, varamientos del lobo marino de California. Panel superior derecho, censos de la misma especie (datos del año 1984, en Isla Margarita). Panel inferior, correlación de los ajustes.

Modelo Interanual

El principal resultado de este modelo lo resume la Figura 23. Este comportamiento opuesto al modelo estacional se puede explicar en base al MEI, ya que se observa que durante condiciones El Niño el ecosistema se deprime y

los varamientos aumentan, mientras que durante condiciones La Niña el ecosistema se intensifica y los varamientos disminuyen. Esto se entiende si se tiene en cuenta que los eventos interanuales afectan la productividad primaria de las zonas que se ven influenciadas por estas masas de agua, provocando cambios en la cantidad de alimento disponible y por lo mismo una alteración general de las cadenas alimenticias en el mar, que finalmente tienen efectos en la alimentación de organismos mayores (Guerrero-Ruiz, 2005).

Durante eventos extremos como El Niño, se ha observado por varios autores (Aurioles y Le Boeuf, 1991; Aurioles *et al.*, 1994; Hanni *et al.*, 1997; Gardner y Rosales, 2000; Keiper *et al.*, 2005) que la mortalidad de diferentes poblaciones de mamíferos marinos aumenta considerablemente. Este comportamiento puede ser extendido a la correlación negativa que se da entre los varamientos y la riqueza del ecosistema en nuestro modelo interanual, debido a condiciones de El Niño débiles y continuas.

Modelo Total

Finalmente entre el modelo estacional y el interanual logramos explicar el 93 % de la varianza de la tasa mensual de varamientos. Los residuos sin explicar podrían tener un origen en eventos de mesoescala que no se analizan en este trabajo.

Es interesante mencionar que cambios en el ambiente como por ejemplo eventos de El Niño/La Niña fuertes o el incremento en las pesquerías masivas en la zona seguramente provocarían un cambio en la influencia de cada componente a los varamientos, por lo que podríamos definir que estos resultados pertenecen a condiciones “normales” en el área de estudio dando lugar a una línea base que podrá ser utilizada como referencia en el futuro.

8.4. Relación entre los varamientos y los patrones migratorios y de residencia de las especies

Diferentes autores (Mead, 1979; Sargeant, 1982; Woodhouse, 1991) han propuesto que los varamientos de mamíferos marinos pueden actuar como indicadores relativos a una población con respecto a la estacionalidad, residencia, natalidad y mortalidad de la especie involucrada. Por ejemplo, un individuo varado puede indicar la presencia de un stock regional, o una serie mono-específica de varamientos puede descubrir patrones de movimiento de una población, residencia, o estatus reproductivo. Comparar lo registrado en los varamientos con lo que se conoce sobre la biología de las especies es una manera de constatar dicha hipótesis y a su vez entender parte de la dinámica del patrón de varamientos observados en el presente estudio.

Los grupos de mamíferos marinos en este trabajo estuvieron representados en un 65% por pinnípedos, en un 34% por odontocetos y en tan sólo un 1% por mysticetos. Esta diferencia en las proporciones puede ser reflejo de la ocurrencia, residencia y migración de las diferentes especies por la zona adyacente a la playa de muestreo, por lo que enseguida se discute la relación entre los resultados de los varamientos y lo que se conoce sobre cada una de las especies registradas en los mismos.

PINNÍPEDOS

Lobo marino de California (*Zalophus californianus*): El lobo marino de California habita en aguas templadas y subtropicales de la costa oeste de Norte América desde el sur de Canadá hasta las Islas Marías en México, incluyendo el Golfo de California (Lowry *et al.*, 1992). La población dentro del Golfo se ha estimado entre 23,785 y 30,147 individuos (Szteren *et al.*, 2006), y en las costas de Baja California en aproximadamente 75,000 (Lowry *et al.*, 1992) con alrededor de 4,000 individuos en la colonia de Isla Santa Margarita (Auriolles y Le Boeuf, 1991). Es el pinnípedo más abundante en México.

El período reproductivo de esta especie poligínica comienza en mayo con la llegada y establecimiento de los territorios de los machos adultos y termina a finales de julio cuando concluye el período de cópulas (Odell, 1975). Los machos adultos y subadultos en la costa oeste de Baja California migran hacia el norte después de la temporada de reproducción y regresan al final de la primavera antes de que comience el siguiente período reproductivo, mientras que las hembras permanecen en la colonia durante todo el año (Bartholomew y Boolootian, 1960).

Con respecto a los varamientos, el lobo marino fue la especie más abundante con el 57% de los registros. A su vez, fue la única especie que registró varamientos durante todos los meses del año, lo que refleja su condición de especie local y abundante debido a la colonia reproductora de Isla Santa Margarita y el área de descanso en Isla Magdalena.

Para este caso, se pudieron contrastar los registros de varamientos con datos de censos mensuales realizados durante el año 1984 en la colonia reproductora de Isla Santa Margarita. Cabe mencionar que la dinámica de la población del lobo marino de California es bien conocida y que las fluctuaciones numéricas y en estructura de sexo y edad se presentan de manera similar en todas las colonias reproductoras (Peterson y Bartholomew, 1967; Odell, 1975; Odell, 1981; García-Aguilar y Aurióles-Gamboa, 2003). En este ejercicio pudimos observar claramente como los registros de varamientos de lobo marino reflejaron, con una correlación significativa, la fluctuación de la población en la colonia de Isla Santa Margarita.

Al analizar la frecuencia de varamientos de las categorías de edad y sexo de esta especie podemos observar que se representa claramente, en los meses de marzo y abril, el inicio de la incursión al mar por los juveniles y crías nacidas la temporada anterior (segundo semestre de vida) donde se ha reportado como un momento de alta mortalidad (Aurióles *et al.*, 1994).

También se puede detectar claramente la temporada de reproducción en los meses de mayo, junio y julio con la mayor cantidad de varamientos de

hembras, que durante este tiempo dan a luz y pasan por un período de ayuno importante (período perinatal) seguido de una alternancia entre viajes de alimentación con períodos de cuidado y alimentación de sus crías en tierra, aprovechando así los recursos regionales durante todo el año (Heath *et al.*, 1991). Los requerimientos energéticos de las hembras lactantes sólo pueden ser sostenidos en áreas altamente productivas como las regiones de surgencias donde las presas están concentradas y son predecibles (Costa, 1993). Esto coincide perfectamente con el momento en el que el ecosistema costero de la región de Bahía Magdalena se encuentra en su máximo florecimiento (ver Figura 21).

La categoría de macho adulto fue la más abundante en los registros de varamientos durante todo el año. Esto concuerda con lo que encontró Hernández-Camacho (2001) sobre la mortalidad diferencial entre sexos y principalmente en individuos sexualmente maduros, donde las estrategias conductuales dirigidas a maximizar el éxito reproductivo (migración y competencia por los apareamientos) son factores determinantes en las diferencias sexuales de la supervivencia (Auriolles, 1988). Asimismo la mayor incidencia se observó durante junio y julio; coincidiendo con el momento en que los machos se encuentran sujetos a un mayor estrés asociado a la conducta reproductiva característica de la poliginia y a que en esos meses los lobos regresan de su migración a la colonia.

Foca común (*Phoca vitulina richardsi*): El rango de distribución de esta foca se encuentra en áreas costeras del Pacífico Norte y Atlántico Norte. Se reconocen 5 subespecies que se basan principalmente en su distribución, la *P. v. richardsi* se encuentra desde las Aleutianas del este, a lo largo de la costa de Alaska hasta las costas de Baja California (Reeves *et al.*, 2002). En la costa occidental de Baja California se la ha visto ocupando el mismo hábitat y zonas de pesca que el lobo marino de California y el mismo hábitat que el elefante marino del norte (Gallo y Auriolles, 1984). Sus principales zonas de agrupación en esta región se encuentran en las islas Coronados; Todos Santos; San Martín; San Jerónimo; Cedros y Natividad, infiriendo su población en más de 1000 individuos para 1984 y con tendencias de aumento (Gallo y Auriolles, 1984).

Se sabe que estas focas forrajean en una variedad de ambientes marinos, incluyendo fiordos profundos, lagunas costeras, estuarios y zonas rocosas costeras de alta energía. Se alimentan de peces demersales, peces pelágicos, pulpos y calamares, conforme la disponibilidad de presas. Son especialmente gregarias durante la temporada de muda, entre primavera y otoño, dependiendo la localidad geográfica. Durante el invierno se encuentran solitarias en el mar alimentándose para la temporada reproductiva que comienza en la primavera con los primeros nacimientos hasta el verano. Las hembras amamantan a sus crías de 3 a 4 semanas, luego estas son abandonadas abruptamente (Reeves *et al.*, 2002).

En nuestros registros de varamientos tenemos 37 focas comunes, todas coinciden con el momento del año en que se da la época reproductiva para esta especie (entre marzo y julio). Se observó que la mayoría (70%) fueron crías o juveniles, y en menor proporción adultos (27 %). En mayo es donde se observó el pico máximo y todos correspondieron a la categoría de cría o juvenil, por lo que si calculamos de 3 a 4 semanas después de los nacimientos los cuales comienzan a finales de marzo, estos varamientos nos estarían reflejando el momento del abandono de las madres a los cachorros.

En el estudio de Colegrove *et al.* (2005) en las costas del centro de California también se observó que la categoría con mayor incidencia de varamientos es la de crías y juveniles (95.5 %). Esto se debe a que el momento del destete en las crías es un periodo crítico con una alta mortalidad, un fenómeno que se asocia a mayores desplazamientos con propósitos alimentarios, fenómeno común en otras especies de pinnípedos (p. e. Aurioles *et al.*, 1994).

Por otro lado, Gallo y Aurioles (1984) mencionan que se considera ausente la foca común en Isla Magdalena e Isla Margarita, sin embargo en este estudio se detecta un número notable de varamientos de esta especie en Isla Magdalena, por lo que no se pueden considerar como eventos raros. Estos nuevos registros pueden deberse, como menciona Hanni *et al.* (1997) para el lobo fino de Guadalupe, a que la población de una especie se encuentre en incremento. Esto puede determinar que los varamientos comiencen a ser más frecuentes en

regiones donde antes no lo eran e indicar una posible expansión del rango de distribución de la misma.

Elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*): Estos elefantes marinos, restringidos al Océano Pacífico Norte, alternan su reproducción en islas y penínsulas desde el centro de Baja California hasta Oregon con dos migraciones por año (Le Boeuf y Laws, 1994). Las colonias de reproducción en las costas del Pacífico de Baja California se encuentran en las islas Coronado, Guadalupe, San Benito, Cedros y Natividad (Reeves *et al.*, 2002), siendo en Isla Guadalupe donde, gracias a que quedaron unos pocos animales, la especie pudo recuperarse de la explotación comercial que casi los lleva hasta la extinción (Reeves *et al.*, 1992).

Con respecto a sus migraciones las hembras, en seguida de destetar a sus crías a finales del invierno, realizan su viaje de alimentación al océano por alrededor de 70 días antes de retornar a tierra para la muda de su pelaje. Luego de un mes en la costa regresan al mar durante ocho meses, período que coincide con el tiempo de gestación, para alimentarse y finalmente regresar a las colonias a dar a luz. Los machos pasan alrededor de 4 meses en el mar después de la temporada reproductiva, retornando a la costa durante el verano para la muda del pelaje. Luego de un mes regresan al mar por 4 meses nuevamente antes de la siguiente temporada de reproducción (Le Boeuf *et al.*, 2000).

En síntesis, hay tres picos de abundancia durante el año: uno a fines de enero durante la temporada reproductiva; uno a finales de abril-principios de mayo durante la muda de hembras y juveniles y otro alrededor de octubre cuando hembras, juveniles y crías de ese año salen a tierra a descansar brevemente. También se pueden observar algunos machos adultos y subadultos en la costa durante junio, julio y agosto durante su muda (Reeves *et al.*, 1992).

El 92% de nuestros registros de varamientos de elefantes correspondieron a la categoría de juvenil (LT < 2 metros). El 61.5% vararon entre abril y mayo, coincidiendo con el período de muda. Probablemente estos juveniles inexpertos estaban perdidos buscando sus colonias, aunque datos no publicados indican que

algunos individuos de la colonia de Isla Guadalupe no migran al norte sino al sur de esa localidad (Le Boeuf, com. pers.⁵). Colegrove *et al.* (2005) encuentran que para el elefante marino, la categoría con mayor incidencia de varamientos es la de los juveniles (83%) y reportan que la causa más común es la desnutrición.

Con relación a este fenómeno se deben considerar aspectos que tienen que ver con la historia de vida de la especie. Los animales adultos llevan a cabo grandes desplazamientos migratorios hacia zonas en altas latitudes y en ocasiones lejos de la costa (LeBoeuf *et al.*, 2000), mientras que los juveniles no sólo permanecen por mayor tiempo cerca de los sitios de reproducción (cerca de la costa), sino que constituyen una categoría muy abundante que eventualmente, conforme aumenta su edad, se incrementa su tasa de mortalidad (Le Boeuf y Laws, 1994). Como consecuencia, es de esperarse que la frecuencia de juveniles en el registro de varamientos se encuentre por arriba de la de otras categorías menos abundantes.

(5) Le Boeuf, B.J. 2007. Department of Biology and Institute of Marine Sciences, University of California, Santa Cruz. USA.

ODONTOCETOS

Delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) y Delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis*): En el Océano Pacífico los delfines comunes se pueden encontrar desde California hasta Chile, siendo frecuente observarlos en las aguas de la costa occidental de la Península de Baja California, región que se considera como una zona de distribución simpátrica para ambas especies (Dizon *et al.*, 1994).

En este trabajo se encontraron varados 48 *Delphinus capensis* y 18 *Delphinus delphis*. También se registraron 19 individuos que se identificaron como *Delphinus* spp. Estas especies de delfines han sido las más abundantes en los varamientos con respecto a todos los cetáceos registrados (41%), lo que coincide con los avistamientos de Urbán y Aguayo (1985) quienes reportan que los delfines comunes son las especies de cetáceos más frecuentemente observadas en el área.

Valles Jiménez (1998) realizó un estudio sobre la abundancia y distribución de ambas especies en la costa occidental de la Península de Baja California comparando dos temporadas, febrero y junio. Él observa que los avistamientos de ambos delfines incrementan significativamente en junio, y particularmente el de *Delphinus capensis* en la latitud 24°N, frente a Bahía Magdalena. A continuación se presenta la Figura 38 extraída y modificada de su trabajo.

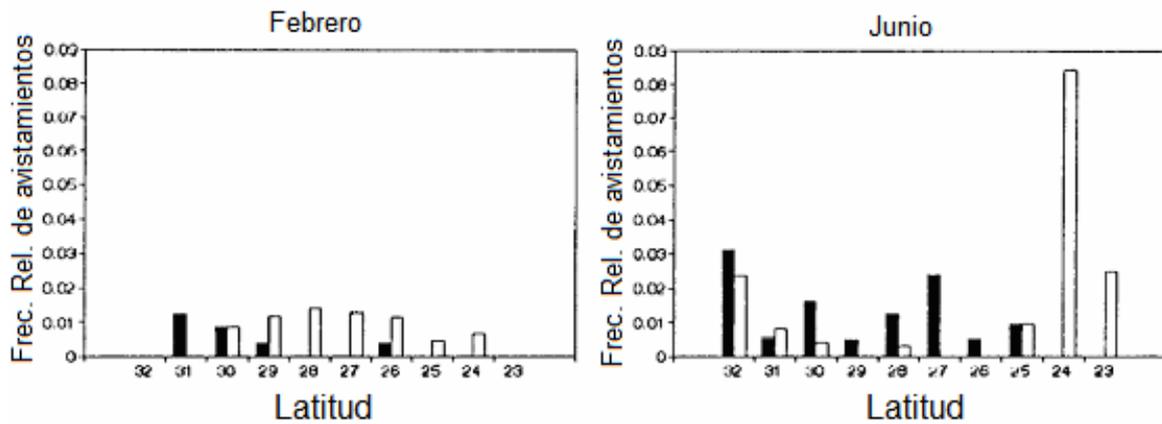


Figura 38. Frecuencia relativa de los avistamientos de *Delphinus delphis* (negro) y *Delphinus capensis* (blanco) por latitud en la costa occidental de Baja California, modificado de Valles Jiménez (1998).

En los avistamientos se observa claramente como los meses del verano son los que tienen las mayores incidencias de ambas especies, y coincidentemente el mes de junio es el mes donde se ha registrado el mayor número de avistamientos de delfín común de rostro largo alcanzando un máximo de 15 individuos. Cabe mencionar que varios de estos delfines presentaron mutilación de aleta caudal, lo que evidencia una muerte causada por interacción antropogénica.

Por otro lado, para *Delphinus delphis* se registraron menos de la mitad de individuos varados que para *D. capensis*, esto se debe, probablemente, al hecho de que el delfín de rostro corto tiene hábitos más pelágicos (Reeves *et al.*, 2002) que el de rostro largo, lo cual hace que se encuentre menos tiempo cerca de la costa y por tanto sus probabilidades de aparecer varado en la playa son menores.

Delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*): Es una especie cosmopolita que habita en océanos y mares periféricos de latitudes templadas y tropicales. Ocupa una gran variedad de hábitats y suelen entrar o residir en bahías, estuarios y lagunas costeras, también hay poblaciones pelágicas (Reeves *et al.*, 2002).

En varias regiones, incluyendo la costa occidental de la Península de Baja California, se han registrado dos formas: una costera y una oceánica (Walter,

1981); sin embargo en nuestros registros de varamientos no hemos diferenciado dichas formas.

Urbán y Aguayo (1985) reportan cuatro áreas de mayor concentración de esta especie en la costa occidental de Baja California, una es la zona costera de Bahía Magdalena. A su vez, encuentran que los tursiones son los odontocetos observados en segundo lugar de frecuencia en el área, con una alta presencia tanto alrededor de 40 Km de la costa como en zonas fuera de la plataforma continental, lo que podría estar indicando nuevamente la presencia de ambas formas: costera y oceánica.

Durante este estudio se registraron 22 tursiones, lo que representa el 11% de los registros de cetáceos, ubicándolos así como la segunda especie de este grupo con mayor frecuencia de varamientos después de los *Delphinus* spp.; esto coincide con lo reportado por Urbán y Aguayo (1985) con respecto a los avistamientos de esta especie en la región. Sobre la temporalidad de los varamientos, esta especie se registró entre febrero y septiembre únicamente, indicándonos una presencia casi exclusiva de primavera y verano.

Delfín de costados blancos del Pacífico (*Lagenorhynchus obliquidens*): Se distribuyen en las aguas frías y templadas del Océano Pacífico Norte incluyendo, en el este, las costas de Baja California y el Golfo de California como límite más sureño. En sus hábitos alimenticios se lo considera oportunista ya que se alimenta de pelágicos menores como la sardina y la anchoveta, peces mesopelágicos pequeños, calamar y otros cefalópodos (Reeves *et al.*, 2002).

Esta especie realiza pronunciados movimientos poblacionales norte-sur y pelágico-costeros en varias áreas y estaciones del año. Se supone que estos movimientos estacionales están relacionados con cambios en la distribución de sus presas y de la temperatura del agua (Leatherwood *et al.*, 1984).

En el suroeste del Golfo de California Aurióles *et al.* (1989) observaron la presencia estacional de *L. obliquidens* en los meses correspondientes a finales de invierno, primavera e inicios del verano (primer semestre del año) con su máximo

en abril. A su vez encontraron que se localizaban en el área de Bahía de La Paz durante el período del año que coincide con las temperaturas superficiales del mar más bajas.

Para la costa occidental de Baja California no hay mucha información sobre la abundancia y distribución de *L. obliquidens*, pero se ha observado en el área frecuentemente a no más de 40 Km de la costa y sobre la plataforma continental, indicando hábitos costeros, sin embargo no se habla de ninguna estacionalidad en sus observaciones (Urbán y Aguayo, 1985).

En nuestro trabajo se registraron 9 individuos de esta especie, de los cuales: uno ha varado en enero; 2 en mayo; 2 en julio y 4 en agosto de los diferentes años. Dado que casi el 90% de los registros fueron entre mayo y agosto, probablemente la presencia de esta especie en el área deba de estar relacionada con la alta productividad que se observa en el sistema en los meses de primavera-verano. Por otro lado los datos de TSM obtenidos en este estudio nos indican que el máximo de TSM en el área se alcanza en el mes de septiembre, y es a partir de este mes y hasta enero que no se registran varamientos de *L. obliquidens* en Isla Magdalena, posiblemente indicándonos la ausencia de la especie en la región durante meses en que el agua tiene temperaturas más altas.

Delfín tornillo (*Stenella longirostris*): Es una especie pan-tropical que raramente sobrepasa los 30°N y 30°S. En el Pacífico Este se la ha visto generalmente entre los 24°N a la altura de Baja California Sur y los 10°S a la altura de Perú. Esta especie fue altamente afectada por la interacción con la pesca del atún ya que se utilizaban como indicadores de cardúmenes. Se alimentan de pequeños peces mesopelágicos, calamar y camarón a no más de 200-300 m de profundidad (Reeves *et al.*, 2002).

En este trabajo se encontraron varados 5 individuos, 4 en enero 2005 y uno en marzo del mismo año. Los varamientos de los individuos de enero se dieron los días 10, 17, 24 y 25 por lo que no se han considerado como un varamiento

masivo, no obstante, es muy probable que todos los individuos pertenezcan a un mismo grupo que se encontraba por la zona.

No se tiene ningún indicio de cual fue la causa de muerte de estos animales, sin embargo, cabe señalar que en la primera mitad del año 2005 se registraron los valores más altos del MEI (Fig. 23) lo que podría darnos una idea de la presencia de esta especie característica de aguas tropicales a esta latitud.

Cachalote (*Physeter macrocephalus*): Para el Pacífico Norte los cachalotes están ampliamente distribuidos en la parte oriental, durante el invierno generalmente se encuentran en cualquier lugar al sur de los 40°N y se sabe que son muy comunes sobre la plataforma continental de California central durante noviembre y abril. Durante el verano se observan en cualquier lugar del Pacífico Norte desde el Mar de Bering, las Islas Aleutianas, el Golfo de Alaska, Columbia Británica, Canadá, Washington, California y México (Leatherwood *et al.*, 1988).

Los cachalotes realizan una migración, aunque ésta es diferente en los machos adultos y en los grupos que contienen hembras y jóvenes. A pesar de que ambos tipos de grupos se mueven durante el verano hacia los polos, los machos adultos tienden a dirigirse aún más hacia las latitudes altas, mientras que las hembras y machos inmaduros generalmente se limitan entre los 40°N y S, pasando la mayor parte de su tiempo en aguas templadas y tropicales. Al igual que otras ballenas que migran, como la ballena gris, estos movimientos y los límites de distribución de la especie son ocasionados por la temperatura del agua (Guerrero-Ruiz, 2005).

En este trabajo se ha registrado un varamiento para esta especie en el mes de julio del 2004. Este cachalote medía 12 metros y desafortunadamente no fue posible identificar el sexo, sin embargo dado que la medida máxima de los machos adultos es de 18.3 m y la de las hembras esta alrededor de los 11 m (Reeves *et al.*, 2002), es probable que este espécimen fuera una hembra longeva o un macho juvenil, lo que concuerda con la migración de verano donde los machos adultos viajan a latitudes más altas que las demás categorías.

Se han registrado otros dos varamientos de un animal cada uno y algunos avistamientos en la costa nor-occidental de la Península de Baja California (Guerrero-Ruiz, 2005) y varios registros de varamientos masivos dentro del Golfo de California (Cockrum, 1956; Bryant, 1979; Patton, 1979; Gilmore, 1980).

Mesoplodonte pigmeo o tropical (*Mesoplodon peruvianus*): Urbán y Aurióles (1992) hipotetizan que esta especie es endémica del Pacífico Oriental tropical (el límite más norteño de su distribución está en los 25°N), sin embargo el número reducido de avistamientos no permite delimitar claramente su distribución. La mayoría de varamientos y capturas incidentales se han llevado a cabo entre los 11°S y 15°S (costas de Perú). En Baja California Sur, particularmente en Bahía de La Paz, se hicieron los primeros registros de ejemplares varados en 1990, registrándose así la especie por primera vez en aguas no peruanas. No existen registros confirmados entre Perú y Baja California (Carwardine, 1995).

La mayor parte de la información disponible sobre la especie se ha recaudado en su mayoría con base en varamientos, pero según algunos avistajes en el mar (Pitman, 2002) se distribuye en aguas profundas y oceánicas de más de 2000 m, o sobre pendientes continentales de 200-2000 m. De algunos estómagos colectados se han recuperado restos de peces perciformes y mictófidios (Reyes *et al.*, 1991).

En nuestro estudio se registró un varamiento de esta especie en el mes de agosto del 2003, fue una hembra de 4.15 metros de longitud. Este registro llama la atención y es muy valioso ya que para esta especie la longitud máxima estaba considerada en los 3.9 metros (Reeves *et al.*, 2002) y su distribución aún es poco conocida por lo que cualquier registro aporta información importante.

Ballena piloto (*Globicephala macrorhynchus*): Esta especie se distribuye en aguas templadas y tropicales. Generalmente se encuentran sobre los límites de la plataforma continental y en áreas donde hay un gran relieve topográfico. A su vez, se caracteriza por realizar movimientos estacionales hacia dentro y fuera de la costa relacionados con la distribución de su alimento, el calamar. (Olson y Reilly, 2002).

Las ballenas piloto son animales notoriamente susceptibles a vararse de forma masiva (Aguayo *et al.*, 1986; Urbán, 1989; Urbán, 1993). También se ha mencionado que esta especie es vulnerable a caer en redes a la deriva para tiburones y picudos (Guerrero-Ruiz, 2005).

En este trabajo se registró un varamiento de *Globicephala macrorhynchus* en julio del 2004. Este animal midió 4.4 metros y no fue identificado su sexo, sin embargo cabe resaltar que fue encontrado con la aleta caudal mutilada por pescadores.

Delfín de Risso (*Grampus griseus*): Se distribuye en aguas templadas y tropicales de todos los océanos, principalmente en zonas que tienen la temperatura superficial del mar entre los 10-28°C. Generalmente se encuentran sobre la pendiente continental donde las profundidades exceden los 300 m, sin embargo, realizan movimientos hacia la plataforma en función de la disponibilidad de su presa, el calamar. A pesar de que se han observado cambios estacionales en su densidad, aún no se ha definido un patrón migratorio claro (Reeves *et al.*, 2002).

La información sobre la presencia de esta especie en el área de estudio es escasa, Keiper *et al.* (2005) reportan avistamientos en aguas de la Corriente de California y Auriolles (1993) la reporta presente para toda la zona del Pacífico mexicano y el Golfo de California. En este trabajo se registró un varamiento de *Grampus* en octubre de 2005, pero sólo se encontró la cabeza por lo que ni el sexo ni la longitud del cuerpo pudieron ser determinados.

MISTICETOS

Ballena gris (*Eschrichtius robustus*): La población de ballenas grises del Pacífico Nor-oriental se distribuye durante el verano en los mares de Chukchi y Beaufort, en la región noroeste del Mar de Bering y las aguas circundantes a la Isla de St. Lawrence; algunas decenas también pasan el verano desde la Isla Vancouver hacia el sur, hasta California central. En el otoño estas ballenas migran siguiendo la línea de costa hacia el sur hasta la costa occidental de la Península de Baja California y la región sur occidental del Golfo de California. La migración hacia el norte se inicia en primavera siguiendo la misma ruta (Rice y Wolman, 1971; Wolman, 1985).

La ballena gris se caracteriza por ser una especie costera que vive y se distribuye la mayor parte de su vida dentro de los 20 Km de distancia a la costa siempre sobre la plataforma continental. Los trabajos de distribución y abundancia de esta especie en sus áreas de reproducción y crianza ubicadas en las costas mexicanas revelan un pico de abundancia dentro de las lagunas a mediados de febrero (Guerrero-Ruiz, 2005).

En nuestro trabajo se registraron sólo dos ballenas grises varadas, un macho de 12 metros en el mes de febrero 2005 y una cría de 5 metros en enero 2006. Estos resultados coinciden claramente con los meses en los que esta especie se encuentra en las lagunas de reproducción, en este caso específicamente en Bahía Magdalena.

El caso de la ballena gris se puede utilizar como un claro ejemplo del reflejo de las migraciones estacionales en los varamientos. Esta idea ya fue corroborada por otros autores como Moore *et al.* (2003) con los varamientos de ballena gris a lo largo de las costas de toda su ruta migratoria desde México hasta Alaska y para otras especies y otras áreas podemos mencionar a López *et al.* (2002) entre otros.

Ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*): La ballena de aleta es una especie cosmopolita y se encuentra en todos los océanos. En el Pacífico Norte pasan el

verano desde el Mar de Okhotsk, el Mar de Bering y el Golfo de Alaska, hasta el Mar de Japón y California Central. Durante el invierno, en la costa oriental del Pacífico, se distribuye desde el sur de California hasta Cabo San Lucas, sin embargo sus registros en la costa occidental de la Península de Baja California son extremadamente raros (Leatherwood *et al.*, 1982; Rice, 1998).

Este rorcual está considerado como una especie rara en ambientes tropicales. Su distribución abarca preferentemente aguas templado-frías, por lo que los avistamientos entre los 20°N y S son poco frecuentes (Tomilin, 1957). La especie tiene una de las dietas más variadas entre los misticetos. Es capaz de alimentarse prácticamente de cualquier cosa adecuada que pueda encontrar como crustáceos, peces y cefalópodos (Tomilin, 1957).

Su patrón migratorio es similar al de otros rorcuales, este consiste en un movimiento entre sus zonas de alimentación en altas latitudes en el verano y zonas de baja latitud en el invierno donde lleva a cabo sus actividades reproductivas (Leatherwood *et al.*, 1987).

El registro de esta especie en nuestro estudio fue en el mes de mayo del 2006 con un ejemplar que midió 14 metros y al cual no se le identificó su sexo, probablemente este animal se encontraba realizando su migración hacia el norte.

Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*): La ballena jorobada es altamente migratoria. Se alimenta en el verano en aguas de latitud media y alta, sobre aguas frías y polares como las del Mar de Bering, Golfo de Alaska, Mar de Chukchi, Mar de Okhotsk y hacia el sur hasta la Isla Honshu en Japón, así como también en Punta Concepción, California, E.U.A. En el invierno se aparea y tiene sus crías en aguas tropicales y subtropicales de aproximadamente 25° (Dawbin, 1966; Lockyer y Brown, 1981), generalmente concentradas alrededor de islas y sistemas arrecifales. En esta época suele concentrarse en tres áreas diferentes: Pacífico noroccidental (Taiwán e Islas Bonin, Ryukyu y Marianas); Pacífico central (Hawaii) y Pacífico nororiental (costa occidental de México y hasta Costa Rica) (Rice, 1974; Johnson y Wolman, 1984; Steiger *et al.*, 1991).

El hábitat típico de las ballenas jorobadas en México, durante el invierno, abarca la franja costera de la porción occidental de la Península de Baja California, desde Isla Cedros, hasta Loreto, dentro del Golfo de California (Guerrero-Ruiz, 2005). En la parte sur de la Península (de Bahía Magdalena hasta Bahía de La Paz) se concentran ballenas que llegan a inicios de diciembre, provenientes de sus zonas de alimentación y que permanecen en esta zona al menos hasta finales de marzo (Urbán, 2001).

En este trabajo se registró el varamiento de una ballena jorobada en el mes de diciembre del 2004, este ejemplar midió 4.2 metros y no fue posible identificar su sexo. De acuerdo a sus medidas corresponde a una cría, ya que los adultos miden alrededor de los 11-12 metros (Nowak, 2003). Probablemente, dado que el invierno es la temporada de reproducción, este animal era un recién nacido.

Luego de revisar especie por especie, vemos como los varamientos efectivamente son buenos indicadores de ciertos aspectos poblacionales como las temporadas reproductivas por ejemplo, pero principalmente se destaca el poder de los varamientos como indicadores de los hábitos migratorios y de residencia de las especies, brindándonos de esta forma conocimiento sobre las especies que habitan o transitan por el área y sus temporalidades.

Tener información sobre la biología y distribución de los organismos nos permitió verificar nuestra segunda hipótesis, sin embargo es evidente que la información disponible no es la misma para todas las especies y que el área de la ZTTT es aún desconocida en términos de lo que se sabe sobre los mamíferos marinos, por lo que este trabajo será un buen antecedente a considerar.

9. CONCLUSIONES

- Los varamientos de mamíferos marinos en Isla Magdalena durante el período de estudio muestran un claro patrón estacional, con un pico máximo a inicios del verano y otro pico de menor magnitud durante diciembre-enero. Los dos picos se explican por la presencia de una importante variabilidad semianual.
- La riqueza y diversidad de mamíferos marinos varados también es máxima durante el verano.
- La interacción con pesquerías parece estar subestimada, sin embargo con las distintas aproximaciones usadas para medir este fenómeno, se puede detectar el efecto de la pesca de escama en los meses de verano sobre la comunidad de mamíferos marinos en el área, considerándose de nivel moderado (14-16%).
- Basado en las condiciones ambientales, un modelo estadístico en frecuencias bajas explica la evolución de la tasa mensual de varamientos. El modelo revela la armonía entre el ecosistema adyacente y los varamientos sin necesidad de recurrir a la observación de eventos climáticos extremos. De esta manera la estacionalidad de la tasa mensual de varamientos no sólo se acopla a la dinámica poblacional de las especies presentes, sino que también evoluciona inter-anualmente con los cambios ambientales de gran escala.
- Tanto la frecuencia, abundancia y temporalidad de las especies encontradas en los varamientos reflejan los patrones de residencia y migración de las mismas. Especialmente los lobos marinos de California, que como especie local, sus varamientos nos muestran con bastante exactitud la fluctuación numérica estacional de la población en Isla Santa Margarita.

Como conclusión general podemos decir que existe un patrón temporal significativo en los varamientos de mamíferos marinos en el área de estudio, este tiene una fuerte estacionalidad siendo el verano el momento del año con la mayor incidencia. A su vez, los varamientos demuestran estar acoplados a la evolución temporal del ecosistema estableciendo su relación con factores físicos

(surgencias) como desencadenantes de los biológicos (disponibilidad de alimento). La fluctuación en la abundancia y diversidad de las especies de mamíferos marinos varados refleja el aprovechamiento de estas condiciones productivas del medio ambiente y a su vez nos indica la temporalidad de las especies en términos de residencia y migración.

Es por esto que un muestreo sistemático, con un alto esfuerzo de observación como el realizado en el presente estudio, junto a un modelo conceptual que incluye las variables ambientales pertinentes, puede ser una herramienta o estrategia para medir el ritmo y progresión de un ecosistema costero una vez que se dispone de información sobre los procesos oceanográficos básicos (surgencias, variación de la temperatura, clorofila, etc).

10. RECOMENDACIONES

De este trabajo surge la hipótesis de que los varamientos de mamíferos marinos en Isla Magdalena son un reflejo de la abundancia de mamíferos marinos en la zona costera adyacente, como recomendación proponemos ampliar el muestreo de los varamientos a cruceros de observación de mamíferos marinos en dos áreas principales: el ecosistema de surgencias (cercano a la costa) y el denominado Sistema Frontal de Baja California Sur (fuera de la costa). Este último se ubica aproximadamente a 150 km de la costa, y en él se encuentra una región biológicamente rica y dinámicamente muy activa que resulta ser un hábitat funcional para varias especies como por ejemplo la Ballena Azul (Etnoyer *et al.*, 2004). Es por esto que teniendo en cuenta que en los registros de varamientos tenemos la presencia de especies con hábitos oceánicos como el cachalote, el zífido pigmeo y la ballena piloto sería interesante observar también la comunidad de mamíferos marinos que se encuentra en esa zona.

Por otro lado se recomienda continuar con los registros de varamientos de tal forma que incluyan eventos interanuales extremos y así determinar con más exactitud el peso relativo de la estacionalidad y la inter-anualidad en la incidencia de los varamientos a largo plazo.

A su vez, la continuidad del muestreo permitirá observar como prosigue la interacción de los mamíferos marinos con las pesquerías de la región. Este fenómeno debería ser monitoreado por más tiempo e incluir parámetros como especies objetivo, intensidad de esfuerzo, zonas de pesca, etc. Con ello se podrá tener una base más sólida que ayude a entender el impacto de estas interacciones.

11. BIBLIOGRAFÍA

Aguayo L.A., J.P. Gallo R., J. Urbán R., L. Bourillón M. e I. Fuentes A. 1986. Varamientos de calderones (*Globicephala macrorhynchus* Gray, 1846) en las aguas adyacentes a la Península de Yucatán, México. XI Reunión Internacional sobre Mamíferos Marinos. Guaymas, Sonora.

Alverson, D.L., M.H. Freeburg, S.A. Murawski y J.G. Pope. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. Fisheries technical paper 339. Food and Agriculture Organization, Rome.

Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López y V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Aurioles, D. 1988. Behavioral ecology of California sea lion in the Gulf of California. PhD Thesis. University of California. Santa Cruz. 175 pp.

Aurioles-Gamboa. 1992. Notes on a mass stranding of Baird's beaked whales in the Gulf of California, Mexico. Calif. Fish and Game. 78(3):116-123.

Aurioles Gamboa, D. 1993. Biodiversidad y Estado Actual de los Mamíferos Marinos en México. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. pp. 397-412. Vol. Esp. (XLIV).

Aurioles G. D., E. Balart y J. L. Castro A. 1995. Recomendaciones para la explotación y aprovechamiento de la langostilla. Capítulo 14: 221-233. *En*: La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento. Eds. Aurioles G. D. y E. Balart. Pub. Esp. CIBNOR, 233 p.

Aurioles-Gamboa, D., M.I. Castro-González y R. Pérez-Flores. 1994. Annual mass strandings of pelagic red crabs, *Pleuroncodes planipes* (Crustacea: Anomura:

Galatheidae), In Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico. Fishery Bulletin. 92:464-470.

Aurioles, G. D., I. Castro G., F. García R., S. Luque F., C. Godínez R., D. Brousset, J. Montaña H., A. Parás, Sara Montaña y F. Pérez-Gil R. 2000. Estado de salud de las poblaciones de lobo marino (*Zalophus californianus*) en el Golfo de California. Memorias del Primer Congreso de Responsables de Proyecto de Investigación en Ciencias Naturales, CONACYT. Veracruz Ver. Oct. 8-11 2000, 11 p.

Aurioles G. D., H. De Anda y K. De Anda. 1994. Timing and causes of mortality in California Sea Lion pups stranded at Orange County CA, 1982-86. Revista de Investigación Científica. 2 (No. Esp. SOMEMMA 2): 43-52.

Aurioles-G. D., J.P. Gallo-Reynoso, E. Muñoz-L., J. Egidio-V. 1989. El delfín de costados blancos (*Lagenorhynchus obliquidens* Gill, 1865 (Cetacea: Delphinidae)); residente estacional en el suroeste del Golfo de California, México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool. 60(3): 459-472.

Aurioles-Gamboa, D., F. García-Rodríguez, M. Ramírez-Rodríguez, y C. Hernández-Camacho. 2003. Interacción entre el lobo marino de California y la pesquería artesanal en la Bahía de La Paz, Golfo de California, México. Ciencias Marinas. 29(3):357-370.

Aurioles G. D. y B. J. Le Boeuf. 1991. Effects of the El Niño 1983 on the California sea lion population in México. 112-118. *IN*, Pinnipeds and El Niño. Responses to environmental stress. Trillmich F. y K. Ono. Ed. Springer-Verlag, 293 p.

Bartholomew, G.A. y R.A. Boolootian. 1960. Numbers and population structure of the pinnipeds on the California Channel Islands. J. Mamm. 41(3):366-375.

Bautista Vega, A.A. 2002. Alimentación del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*, Lesson, 1828), y su relación con los pelágicos

menores en Bahía Magdalena, B.C.S., México. Tesis de Maestría. UNAM. México D.F., 77 pp.

Bearzi, G., R.R. Reeves, G. Notarbartolo Di Sciara, E. Polito, A. Cañadas, A. Frantzis, y B. Mussi. 2003. Ecology, status and conservation of short-beaked common dolphins *Delphinus delphis* in the Mediterranean Sea. *Mammal Rev.* 33(3):224-252.

Blackburn, M. 1969. Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. *U. S. Fish Wild. Serv. Fish. Bull.* 68:147-176.

Bravo, E., Heckel, G., Schramm, Y. y R. Escobar-Fernández. 2005. Occurrence and distribution of marine mammal strandings in Todos Santos Bay, Baja California, Mexico, 1998-2001. *LAJAM* 4(1): 15-25.

Bryant, P. 1979. The Baja sperm whale mass-stranding. *Whalewatcher.* 13(2):10.

Carwardine, M. 1995. Ballenas, delfines y marsopas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona 256 pp.

Casas-Valdez, M. y G. Ponce-Díaz. 1996. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. SEMARNAP, Gob. del Estado de Baja California Sur, FAO, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, Inst. Nal. de la Pesca & CETMAR.

Chávez-López, S. 1995. Los sedimentos y la geomorfología de la plataforma continental oeste de Baja California entre los paralelos 24° y 29° L.N. Capítulo 2: 11-34. *En: La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento.* Eds. Auriol-Gamboa, D. y Balart, E.F. Pub. Esp. CIBNOR, 233 p.

Chávez, F. P., J. T. Pennington, C. G. Castro, J. P. Ryan, R. P. Michisaki, B. Schlining, P. Walz, K. R. Buck, A. McFadyen, and C. A. Collins. 2002. Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in central California waters. *Progress in Oceanography.* 54: 205-232.

Chávez-López, S. y Schmitter-Soto, J.J. 1995. Marco Geológico y Ambiental del Área de Estudio. Capítulo 1: 1-9. *En: La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Eds. Auriolos-Gamboa, D. y Balart, E.F. Pub. Esp. CIBNOR, 233 p.

Cockrum, E.L. 1956. Sperm whales stranded on the beaches of the Gulf of California. *Journal of Mammalogy*. 37(2):288.

Colegrove, K.M., D.J. Greig y F.M.D. Gulland. 2005. Causes of live strandings of Northern Elephant Seals (*Mirounga angustirostris*) and Pacific Harbor Seals (*Phoca vitulina*) along the central California coast, 1992-2001. *Aquatic Mammals*. 31(1):1-10.

Costa, D.P. 1993. The relationship between reproductive and foraging energetics and the evolution of the Pinnipedia. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 66:293-314.

Dawbin, W.H. 1966. The seasonal migratory cycle of humpback whales. *In: K.S. Norris (ed.)*. pp. 145-170. *Whales, dolphins, and porpoises*. University of California Press, Berkeley, CA, U.S.A.

Delgado-Estrella, A., Ortega-Ortiz, J.G. y A. Sánchez-Ríos. 1994. Varamientos de mamíferos marinos durante primavera y otoño y su relación con la actividad humana en el norte del Golfo de California. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.* 65(2):287-295.

Dizon, A.E., W.F. Perrin y P.A. Akin. 1994. Stocks of dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern tropical Pacific: a phylogeographic classification. NOAA Technical Report NMFS. 119. 21pp.

Elorriaga-Verplancken, F.R. 2004. Incidencia y efectos del enmalle sobre el lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*, Lesson 1828) en Los Islotes, B.C.S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 91 pp.

Espinosa-Carreón, P.T. Strub, E. Beier, F. Ocampo-Torres y Gilberto Gaxiola. 2004. Seasonal and Interannual variability of satellite derived chlorophyll pigment, surface height, and temperature off Baja California. *Journal of Geophysical Research*. 109. C03039. doi: 10.1029/2003JC0020105.

Etnoyer, P., D. Canny, B. Mate y L. Morgan 2004. Persistent pelagic habitats in the Baja California to Bering sea (B2B) Ecoregion. *Oceanography*, 17(1):90-101.

Fowler, C.W. 1982. Interactions of Northern Fur Seals and Comercial Fisheries. 47th North American Wildlife and Natural Resources Conference. Wildlife Management Institute, Washington D.C., USA.

Fowler, C.W., J.D. Baker, R.R. Ream, B.W. Robson y M. Kiyota. 1993. Entanglement studies, St. Paul Island, 1992; juvenile male northern fur seals. AFSC Processed Report 93-03, 42 p. Alaska Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, NOAA, 7600 Sand Point Way NE, BIN C15700, Seattle, Washington 98115-0070.

Gallo Reynoso, J.P. 1986. Sobre los mamíferos marinos mexicanos. *Tec. Pesquera*, año XIX, abril:10-16.

Gallo R., J.P. y D. Aurióles G. 1984. Distribución y estado actual de la población de Foca común (*Phoca vitulina richardsi* (Gray, 1864)), en la Península de Baja California, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. Ser. Zoología*. 55(2):323-332.

García-Aguilar, M.C. y D. Aurióles-Gamboa. 2003. Breeding season of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. *Aquatic Mammals*. 29(1):67-76.

Gardner, S.C. y Chávez-Rosales, S. 2000. Changes in the relative abundance and distribution of gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Magdalena Bay, Mexico during El Niño event. *Marine Mammal Science*. 16(4):728-738.

Gendron, D. 2002. Population ecology of the blue whale, *Balaenoptera musculus*, of the Baja California Peninsula. Tesis doctoral. CICESE. Ensenada, México.

Gilmore, R.M. 1980. One mass stranding, not two, of sperm whales at La Paz, Baja California, 1954. Bull. Southern California Acad. Sci. 79(3): 133-134.

Greig, D.J., F.M.D. Gulland y C. Kreuder. 2005. A decade of live California Sea Lion (*Zalophus californianus*) strandings along the central California coast: causes and trends, 1991-2000. Aquatic Mammals. 31(1):11-22.

Guerrero-Ruiz, M.E. 2005. Estado actual de las grandes ballenas en el Golfo de California. Tesis de Maestría. UABCS. La Paz, México. 321 pp.

Hanni, K.D., Long, D.J., Jones, R.E., Pyle, P. y L.E. Morgan. 1997. Sightings and Strandings of Guadalupe Fur Seals in central and northern California, 1988-1995. Journal of Mammalogy, 78(2): 634-690.

Hanni, K.D. y P. Pyle. 2000. Entanglement of Pinnipeds in synthetic materials at south-east Farallon Island, California, 1976-1998. Marine Pollution Bulletin. 40(12):1076-1081.

Harcourt, R., Aurioles, D. y J. Sanchez. 1994. Entanglement of California Sea Lions at Los Islotes, Baja California Sur, Mexico. Marine Mammal Science. 10(1):122-125.

Heath, C.B., K.A. Ono, D.J. Boness y J.M. Francis. 1991. The influence of El Niño on female attendance patterns in the California sea lion. 138-145. *IN*, Pinnipeds and El Niño. Responses to environmental stress. Trillmich F. y K. Ono. Ed. Springer-Verlag, 293 p.

Hernández-Camacho, C.J. 2001. Tabla de vida del lobo marino de California *Zalophus californianus californianus* en la lobera Los Islotes, B.C.S., México. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz. B.C.S. México. 63 pp.

Hernández-Vázquez S., D. Lluch B., D.B. Lluch C. y C.A. Salinas Z. 1991. Marco ambiental de la Costa Occidental de la Península de Baja California, México. Guzmán del Proó (Editor) Memorias del Taller México-Australia sobre reclutamiento de rec. bentónicos de B.C. SEPESCA-IPN, México.

Jonson, J.H. y A.A. Wolman. 1984. The humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. In: Jeffrey M. Breiwick y Howard W. Braham (eds.). pp. 30-37. The status of Endangered Whales. A special section of the Marine Fisheries Review, 46(4). NOAA7NMFS.

Kato, S. 1974. Development of the pelagic red crabs (Galatheidae, Pleuroncodes planipes) fishery in the eastern Pacific Ocean. Mar. Fish. Rev. NOAA, 36(10):1-9.

Keiper, C.A., D.G. Ainley, S.G. Allen y J.T. Harvey. 2005. Marine mammal occurrence and ocean climate off central California, 1986 to 1994 and 1997 to 1999. Marine Ecology Progress Series. 289:285-306.

Leatherwood, S., R.R. Reeves, A.E. Bowles, B.S. Stewart, y K.R. Goodrich. 1984. Distribution, seasonal movements and abundance of Pacific white-sided dolphins in the eastern North Pacific. Sci. Rep. Whales Res. Inst., Tokyo. 35:129-57.

Leatherwood, S., R.R. Reeves, W.F. Perrin y W.E. Evans. 1982. Whales, Dolphins, and Porpoises of the eastern North Pacific and adjacent Arctic Waters. A guide to their identification. NOAA Technical Report, NMFS. Circular 444. 245 pp.

Leatherwood, S., R.R. Reeves, W.F. Perrin y W.E. Evans. 1988. Whales, Dolphins, and Porpoises of the Eastern North Pacific and Adjacent Arctic Waters. A guide to their identification. Dover Publications, Inc., NewYork, U.S.A.

Le Boeuf, B.J., D.E. Crocker, D.P. Costa, S.B. Blackwell, P.M. Webb y D.S. Houser. 2000. Foraging ecology of Northern elephant seals. Ecological Monographs. 70(3):353-382.

Le Boeuf B. J. y R. M. Laws. 1994. Elephant seals. Population ecology, behavior and physiology. University of California Press, 414 pp.

Lieberg-Clark P., C. E. Bacon, S. A. Burns, W.M. Jarman y B. J. Le Boeuf. 1995. DDT in California sea lions: A follow-up study after twenty years. *Marine Pollution Bulletin*, 30(11):744-745.

Lluch-Belda, D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la costa occidental de Baja California. En: BACs: Centros de actividad Biológica del Pacífico Mexicano. pp. 49-64. Lluch-Belda, D. J. Elorduy-Garay, S. E. Luch-Cota y G. Ponce-Díaz.(eds). CIBNOR-CICIMAR-CONACYT.

Lluch-Belda, D., D. B. Lluch-Cota y S. E. Lluch-Cota. 2003. Baja California's Biological Transition Zones: Refuges for the California sardine. *Journal of Oceanography*, 59:503-513.

Lockyer, C.H. y S.G. Brown. 1981. The migration of whales. *In*: D.J. Aidley (ed.). pp. 105-137. *Animal Migration*. Society for Experimental Biology Seminar Series 13. Cambridge University Press. Cambridge.

López, A., Santos, M.B., Pierce, G.J., González, A.F., Valeiras, X. y A. Guerra. 2002. Trends in strandings and by-catch of marine mammals in north-west Spain during the 1990s. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82: 513-521.

Lowry, M.S., P. Boveng, R.L. DeLong, C.W. Oliver, B.S. Stewart, H. DeAnda y J. Barlow. 1992. Status of the California sea lion (*Zalophus californianus californianus*) population in 1992. Southwest fisheries science center. Administrative report LJ-92-32. 15 pp.

Lowry, M. S., B. S. Stewart, C. B. Heath, P. K. Yochem y J. M. Francis. 1991. Seasonal and annual variability in the diet of California sea lions *Zalophus*

californianus at San Nicolas Island, California, 1981-1986. Fishery Bulletin, U. S. 89:331-336.

Lynn, R. J. y J. J. Simpson. 1987. The California Current System: the seasonal variability of its physical characteristics. Journal of Geophysical Research, 92:12947-12966.

Mead, J.G. 1979. An analysis of Cetacean strandings along the eastern coast of the United States. En: J.R. Geraci and D.J. St. Aubin (eds.), Biology of marine mammals: insights through strandings, p. 54-68. Report to U.S. Marine Mammal Comm. Contract MM7AC020. U.S. Dep. of Commer., Natl. Tech. Info. Serv. PB-293890.

Moore, S.E., J.M. Grebmeier y J.R. Davies. 2003. Gray whale distribution relative to forage habitat in the northern Bering Sea: current conditions and retrospective summary. Can. J. Zool. 81:734-742.

Moser, H.G., P.E. Smith y L.E. Eber. 1987. Larval fish assemblages in the California Current region, 1954-1960, a period of dynamic environmental change. *CalCOFI Rep.*, 28, pp 97-124.

Nichols, W. J., Resendiz, A. Seminoff, J. A. y Resendiz B. 2000. Transpacific migration of a loggerhead turtle monitored by satellite telemetry. Bulletin of Marine Science, 67:937-947.

NOAA. Annual Report 1999-2000 for the Administration of the Marine Mammal Protection Act of 1972. 105 pp.

Norman, S.A., C.E. Bowlby, M.S. Brancato, J. Calambokidis, D. Duffield, P.J. Gearin, T.A. Gornall, M.E. Gosho, B. Hanson, S.J. Jeffries, B. Lagerquist, D.M. Lambourn, B. Mate, B. Norberg, R.W. Osborne, J.A. Rash, S. Riemer y J. Scordino. 2004. Cetacean strandings in Oregon and Washington between 1930 and 2002. J. Cetacean Res. Manage. 6(1):87-99.

Nowak, R. 2003. Walker's Marine Mammals of the world. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London. 264 pp.

Odell, D.K. 1975. Breeding biology of the California sea lion, *Zalophus californianus*. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explr. Mer. 169:374-378.

Odell, D.K. 1981. California Sea Lion *Zalophus californianus* (Lesson, 1828). Handbook of marine mammals. Vol I. (The walrus, sea lions, furseals and sea otter). Ed. Academic Press. London. 67-97.

Olson, P.A. y S.B. Reilly. 2002. Pilot whales *Globicephala melas* y *G. macrorhynchus*. In: W.F. Perrin., B. Wursing and J.G.M. Thewissen (eds.). pp. 898-903. Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. San Diego. 1414 pp.

Ortega-Argueta, A., Pérez-Sánchez, C.E., Gordillo-Morales, G., Gordillo, O.G., Pérez, D.G. y H. Alafita. 2005. Cetacean Strandings on the Southwestern Coast of the Gulf of Mexico. *Gulf of Mexico Science* (2): 179-185.

Patton, D. 1979. Sperm whale stranding in Baja California. *Terra*. 17(3): 28-29.

Perrin, W.F., M.D. Scout, G.J. Walker, F.M. Ralston y D.W.K. Au. 1983. Distribution of four dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the Eastern tropical Pacific, with an annotated catalog of data sources. NOAA-TM-NMFS-SWFC-38, 65 pp.

Peterson, R. S. y G. A. Bartholomew. 1967. The natural history and behavior of the California sea lion. Special Pub. No1. The American Soc. of Mamm. 79 p.

Pichler, F.B. y C.S. Baker. 2000. Loss of genetic diversity in the endemic Hector's dolphin due to fisheries-related mortality. *Proc. Royal Society*. London. 267: 97-102.

- Pitman, R. 2002. Mesoplodont whales *Mesoplodon* spp. *In*: Perrin, W.F.B. Wursing y J.G.M. Thewissen (eds.) pp.738-742. Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. San Diego. 1414 pp.
- Read, A.J., P. Drinker y S. Northridge. 2006. Bycatch of Marine Mammals in U.S. and Global Fisheries. Conservation Biology. Vol. 20. (1):163-169.
- Read, A.J. y K.T. Murray. 2000. Gross Evidence of Human-Induced Mortality in Small Cetaceans. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-15. 21 p.
- Reeves, R.R., B.S. Stewart, P.J. Clapham y J.A. Powell. 2002. Guide to Marine Mammals of the world. National Audubon Society. Chanticleer Press Edition. Alfred A. Knopf, Inc. New York. 527 pp.
- Reeves, R.R., B.S. Stewart y S. Leatherwood. 1992. The Sierra Club Handbook of Seals and Sirenians. Sierra Club Books. San Francisco. 359 pp.
- Reyes, J., K.J.G. Mead, y K. Van Waerebee, 1991. A new species of beaked whales *Mesoplodon peruvianus*. Mar. Mamm. Sci. 7:1-24.
- Rice, D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. 170-195. *In*: Shevill, W.E. (ed.). The Whale Problem. A Status Report. Harvard Univ. Press. Cambridge, Mass. 419 pp.
- Rice, D.W. 1998. Marine mammals of the world. Systematics and distribution. Special Publication No. 4. The Society of Marine Mammalogy. 231 pp.
- Rice, W. D. y A. A. Wolman. 1971. The life history and ecology of the gray whale (*Eschrichtius robustus*). Special Pub. No. 3. The American Soc. of Mamm. 141 p.
- Ripa, P. 2002. Least squares data fitting. *Ciencias Marinas*. 28 (I): 79-105.

Rivera, M.J. 2004. Captura de tiburones pelágicos en la costa occidental de Baja California Sur y su relación con cambios ambientales. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 121 pp.

Rizo Díaz-Barriga, L. E. 1990. Análisis de algunos aspectos físicos y biológicos de los varamientos de cetáceos en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 80 pp.

Rojas-Bracho, L., R.R. Reeves y A. Jaramillo-Legorreta. 2006. Conservation of the vaquita *Phocoena sinus*. *Mammal Review*. 36(3):179-216.

Sergeant, D.E. 1982. Mass strandings of toothed whales (Odontoceti) as a population phenomenon. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.* 34:1-47.

Soldevilla, M.S., S.M. Wiggins, J. Calambokidis, A. Douglas, E.M. Oleson y J.A. Hildebrand. 2006. Marine Mammal monitoring and habitat investigations during CalCOFI surveys. *CalCOFI Rep.* 47:79-90.

Steiger, G.H., J. Calambokidis, R. Sears, K.C. Balcomb y J.C. Cabbage. 1991. Movement of humpback whales between California and Costa Rica. *Marine Mammal Science*. 7:306-310.

Stewart, B.S. y P.K. Yochem. 1990. Pinniped entanglement in synthetic materials in the southern California Bight. *En: R.S. Shomura and M.L. Godfrey (editors). Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris. “-/ april 1989. Honolulu. Hawaii. U. S. Dep. Commer. NOAA Tech. Memo. NMFS. NOAA-TM-NMFSC-154.*

Sydeman, W.J. y S.G. Allen. 1999. Pinniped population dynamics in central California: correlations with sea surface temperature and upwelling indices. *Marine Mammal Science*. 15(2):446-461.

Szteren, D., Aurioles, D. y Gerber, L. 2006. Population status and trends of the California sea lion (*Zalophus californianus californianus*) in the Gulf of California, México. *En: Sea Lions of the World*. A.W. Trites *et al.* (editors). Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program. 369-384 pp.

Tomilin, A.G. 1957. Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries. Volume IX. Cetacea. Nauk S.S.S.R., Moscu. (Traducción al inglés, 1967, por el Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem). 717 pp.

Urbán, R. J. 1989. Varamiento y rescate de una manada de calderones de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*) en la Bahía de La Paz, B.C.S. Resúmenes: XVI Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos. La Paz, B.C.S.

Urbán, R. J. 1993. Varamiento y rescate de una manda de calderones de aletas cortas, *Globicephala macrorhynchus*, en la Bahía de La Paz, B.C.S. *Rev. Inv. Cient. Universidad Autónoma de Baja California Sur*. Vol 1 (No. Esp. SOMEMMA 1):59-67.

Urban, R. J. 2001. Estructura poblacional, abundancia y destinos migratorios de las ballenas jorobadas que hibernan en el Pacífico Mexicano. Tesis doctoral, UNAM, Fac. de Ciencias. 84 pp.

Urbán, R.J. y A.L. Aguayo. 1985. Cetáceos observados en la costa occidental de la Península de Baja California, México. Septiembre 1981- Enero 1985. *En: Memorias de X Reunión Internacional sobre el estudio de los Mamíferos Marinos*. 93-118.

Urbán, R. J. y D. Aurioles. 1992. First record of the pygmy beaked whale *Mesoplodon peruvianus* in the North Pacific. *Marine Mammal Science*. 8:420-425.

Urbán, R. J. y A.M. Jaramillo. L. 1992. Segundo varamiento de *Berardius bairdii* en la Bahía de La Paz, B.C.S. *Rev. Inv. Cient.* 3(1):85-92.

Valles Jiménez, R. 1998. Abundancia y distribución de *Delphinus delphis* y *Delphinus capensis* en la costa occidental de la Península de Baja California. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 70 pp.

Walker, W. A. 1981. Geographical variation in morphology and biology of bottlenose dolphins (*Tursiops*) in the eastern North Pacific. Admin. Rep. LJ-81-03C. Southwest Fisheries Science Center. National Marine Fisheries Service. USA. 52 pp.

Wiley, D.N., Asmutis, R.A., Pitchford, T.D. y D.P. Gannon. 1995. Stranding and mortality of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the mid-Atlantic and southeast United States, 1985-1992. Fishery Bulletin, 93:196-205.

Wilkinson, D. y G.A.J. Worthy. 1999. Marine Mammal Stranding Networks. En: Conservation and Management of Marine Mammals. pp: 396-411. Twiss, J.R. y Reeves, R.R. (Eds). Smithsonian Institution Press. Washington and London.

Wolman, A.A.1985. Gray whale, *Eschrichtius robustus* (Lilljeborj, 1861). In: S.H. Ridway y R.J. Harrison (eds.). pp. 67-90. Handbook of Marine Mammals. Vol. 3: The Sirenians and Baleen Whales. Academic Press. London. 362 pp.

Woodhouse, C.D. 1991. Marine mammal beachings as indicators of population events. Marine mammal strandings in the United States: proceedings of the second marine mammal stranding workshop. US Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 98:111-115. 157 pp.

Zavala-González, A. y E. Mellink. 1997. Entanglement of California sea lions, *Zalophus californianus californianus*, in fishing gear in the central-northern part of the Gulf of California, Mexico. Fishery Bulletin. 95:180-184.

Zavala-González, A., Urbán-Ramírez, J. y Esquivel-Macías, C. 1994. A note on artisanal fisheries interactions with small cetaceans in Mexico. Whaling Commission. Special Issue. 15:235-237.

ANEXO 1

Estado de descomposición de los organismos:

Estado 1: Fresco



Estado 2: Descomposición moderada



Estado 3: Descomposición avanzada



Estado 4: Muy descompuesto



ANEXO 2

Organismos detectados con marcas de interacción antropogénica de las fotografías seleccionadas:

Especie	<i>Zalophus californianus</i>
Tipo de marca	marca de red
Estado de descomp.	1
Fecha	Mayo 2005



Especie	<i>Delphinus capensis</i>
Tipo de marca	aleta caudal mutilada y marca de red
Estado de descomp.	1
Fecha	junio 2005



Especie	<i>Delphinus capensis</i>
Tipo de marca	redes en la boca
Estado de descomp.	1
Fecha	abril 2006



Especie	<i>Delphinus delphis</i>
Tipo de marca	Marcas de red en la trompa y marca de cadena
Estado de descomp.	1
Fecha	mayo 2006



Especie	<i>Delphinus capensis</i>
Tipo de marca	Marca de red en la cabeza
Estado de descomp.	2
Fecha	julio 2006



Especie	<i>Delphinus capensis</i>
Tipo de marca	Marcas con cuchillo
Estado de descomp.	1
Fecha	julio 2006



Especie	<i>Tursiops truncatus</i>
Tipo de marca	Marcas de red en la cabeza
Estado de descomp.	1
Fecha	julio 2006



Especie	<i>Zalophus californianus</i>
Tipo de marca	Herida en el cuello por enmalle
Estado de descomp.	2
Fecha	Julio 2006



Especie	<i>Delphinus delphis</i>
Tipo de marca	Marcas de red en la trompa
Estado de descomp.	1
Fecha	julio 2006

