



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CARRERA DE BIOLOGÍA**

**CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT DE CETÁCEOS
COMUNES EN NOVIEMBRE 2005 Y ENERO 2007
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA**

Tesis

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

BIÓLOGO

PRESENTA:

JOSÉ ERNESTO MORENO ZÚÑIGA

Dr. Jaime Gómez Gutiérrez
Director de Tesis

M. en C. Ma. de las Mercedes Luna Reyes
Asesor interno

México, D. F., Mayo 2008

El presente trabajo fue realizado en el departamento de Plancton y Ecología Marina (Laboratorio de zooplancton) y en el departamento de Pesquerías y Biología Marina (Laboratorio de mamíferos marinos) dentro del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN (CICIMAR-IPN), bajo de la dirección de:

Dr. Jaime Gómez Gutiérrez

Dentro del proyecto de investigación:

Monitoreo de la producción secundaria, dinámica poblacional y parasitismo de especies claves del zooplancton mediante incubaciones *in situ* y métodos hidroacústicos en el Golfo de California (CONACYT-FOSEMARNAT-2004-01-C01-144)

ÍNDICE

Contenido	Página
RELACIÓN DE FIGURAS Y TABLAS	i
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. ÁREA DE ESTUDIO	8
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS PARTICULARES	14
5. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1. Caracterización ambiental	15
5.1.1. Variables continuas.	15
5.1.2. Biomasa Zooplanctónica	15
5.1.3. Batimetría.	16
5.2. Avistamiento de cetáceos	16
5.3. Procesamiento de datos y análisis de estadístico	17
5.3.1. Porcentaje de saturación de oxígeno.	17
5.3.2. Concentración de clorofila a.	18
5.3.3. Perfiles de temperatura.	19
5.3.4. Condiciones del mar durante la observación de cetáceos.	19
5.3.5. Escalamiento No-Métrico Multidimensional (ENMM) (Nonmetric Multidimensional Scaling, NMDS en inglés) y Procedimiento Permutacional de Multi-Respuesta (PPMR ó MRPP en inglés).	20

6. RESULTADOS	22
6.1. Variables Ambientales	22
6.1.1. Masas de agua observadas en cada uno de los cruceros oceanográficos	22
6.1.2. Temperatura del mar registrada continuamente a 4 metros de profundidad (TM _{-4m})	23
6.1.3. Porcentaje de Saturación de Oxígeno registrado de manera continua a 4 metros de profundidad (PSO _{-4m})	24
6.1.4. Concentración de Clorofila a registrada continuamente a 4 metros de profundidad (chl a _{-4m})	24
6.1.5. Turbidez registrada continuamente a 4 metros de profundidad (Tz _{-4m})	25
6.1.6. Análisis de temperatura del mar registrada a diferentes profundidades (CTD).	27
6.1.7. Batimetría	30
6.1.8. Biomasa Zooplanctónica (BZ)	31
6.1.9. Abundancia de Eufáusidos (EUF)	31
6.2. Distribución espacio-temporal de los cetáceos más comunes	32
6.2.1. Condiciones del mar durante el esfuerzo.	33
6.2.2. Abundancia relativa y distribución de los cetáceos más comunes	34
6.3 Distribución de cetáceos comunes en función de la distribución de las variables continuas	36
6.4. Ordenamiento de la estructura de la comunidad de los cetáceos comunes en el Golfo de California durante Noviembre del 2005 y Enero del 2007	38
6.4.1. Análisis de Ordenamiento multi-dimensional (NMDS) en Noviembre 2005	38
6.4.2. Análisis de Ordenamiento multi-dimensional (NMDS) en Enero 2007	40
6.4.3. Análisis de Procedimiento Permutacional de Multi-Respuesta (MRPP)	43
7. DISCUSIÓN	46
7.1. Hábitat de <i>Physeter macrocephalus</i>	47
7.2. Hábitat de <i>Balaenoptera musculus</i> y <i>Balaenoptera physalus</i>	49
7.3. Hábitat de <i>Delphinus</i> spp.	56
8. CONCLUSIONES	62
9. LITERATURA CITADA	64
GLOSARIO	76

Anexo I.	79
Anexo II.	80
Anexo III.	87

RELACIÓN DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

- Figura 1. Toponimia del Golfo de California mostrando la separación biogeográfica de la macrofauna (modificado de Brusca *et al.*, en prensa) 13
- Figura 2. Plan de estaciones oceanográficas y transectos lineales del B/O El Puma realizado durante los cruceros oceanográficos de Noviembre-Diciembre 2005 y Enero 2007 20
- Figura 3. Plataforma de observación localizado en la cofa del B/O El Puma, buque donde se realizaron las observaciones de mamíferos marinos. 20
- Figura 4. Diagrama de temperatura y salinidad para los lances de CDT en el Golfo de California en Noviembre 2005 y Enero 2007 23
- Figura 5. Variables ambientales registradas *in situ* a 4 m de profundidad cada 5 segundos (~50 m de resolución) a lo largo del derrotero del B/O El Puma durante los cruceros oceanográficos de Noviembre 2005 y Enero 2007
Temperatura, Saturación de Oxígeno, Concentración de clorofila a y Turbidez 26
- Figura 6. Gráficos de comportamiento de la temperatura del mar a diferentes profundidades y perfiles de temperatura en función de la profundidad en cada estación oceanográfica en Noviembre 2005 y Enero 2007 28
- Figura 7. Distribución de la temperatura del mar (T°C) registrada con CTD *in situ* por niveles de profundidad durante Noviembre 2005 y Enero 2007 en el Golfo de California. 10 m, 50 m, 100 m y 200 m. Los puntos negros representan las estaciones oceanográficas. 29
- Figura 8. Batimetría y profundidad del fondo marino del Golfo de California. 30

- Figura 9. Distribución espacio-temporal de la biomasa zooplanctónica (ml 1000 m⁻³) registrada durante Noviembre 2005 y Enero 2007 en el Golfo de California. 31**
- Figura 10. Distribución y abundancia de la abundancia total de eufáusidos juveniles y adultos (ind. 1000 m⁻³) durante Noviembre 2005 y Enero 2007 en el Golfo de California (datos proveídos por Biol. Mar. Samuel Martínez Gómez). 32**
- Figura 11. Distancia acumulada de esfuerzo de búsqueda de cetáceos expresado en km recorridos bajo distintas condiciones de mar superficial en relación a la escala de Beaufort detectado durante los cruceros oceanográficos de Noviembre 2005 y Enero 2007 donde se realizaron avistamientos (condiciones Beaufort > 4 sin esfuerzo de búsqueda no fue graficada). 33**
- Figura 12. Distribución y abundancia (ind. avistamiento⁻¹) de cetáceos comunes durante Noviembre del 2005 y Enero del 2007. La ruta de esfuerzo está representada por los segmentos en gris. 35**
- Figura 13. Distribución espacio-temporal de los cetáceos más comunes en función de la variabilidad en las condiciones ambientales registradas continuamente a lo largo del derrotero del buque oceanográfico B/O El Puma durante el esfuerzo de búsqueda. Temperatura vs. Clorofila a, Temperatura vs. Turbidez y Temperatura vs. Porcentaje de Saturación de Oxígeno 37**
- Figura 14. Espacio de ordenación multi-dimensional de las especies de cetáceos avistados durante Noviembre 2005 en el Golfo de California. 40**
- Figura 15. Espacio de ordenación de las especies de cetáceos avistados durante Enero 2007 en el Golfo de California. 43**
- Figura 16. Distribución espacio temporal de Volumen de dispersión (Sv) <-60 dB, característico de macrozooplancton posiblemente compuesta en gran parte por agregaciones de eufáusidos (Gómez-Gutiérrez y Robinson 2006) registradas durante los cruceros oceanográficos de Noviembre 2005 y Enero**

2007 (Información y mapas proveídos por Dr. Carlos Robinson Mendoza ICMYL-UNAM). 51

Figura 17. Distribución espacio temporal de Volumen de dispersión (Sv) >-45 dB, característico de cardúmenes abundantes de peces pelágicos menores (Robinson y Gómez-Gutiérrez, 2007) registradas durante los cruceros oceanográficos de Noviembre 2005 y Enero 2007 (Información y mapas proveídos por Dr. Carlos Robinson Mendoza ICMYL-UNAM). 60

Tablas

Tabla I. Coeficientes de determinación de Kendall (r^2) del Escalamiento No-Métrico Multidimensional (NMDS) para la asociación entre las distancias de ordenación y las distancias originales del espacio n-dimensional para variables ambientales y especies de cetáceos comunes observados en el Golfo de California durante Noviembre 2005. 39

Tabla II. Coeficientes de determinación de Kendall (r^2) del NMDS para la asociación entre las distancias de ordenación y las distancias originales del espacio n-dimensional para variables ambientales y especies de cetáceos comunes observados en el Golfo de California durante el Crucero de Enero 2007. 42

Tabla III. Resultados del análisis de Procedimiento Permutacional de Multi-Respuesta (MRPP) para la comparación de la estructura de la comunidad de cetáceos comunes en el GC utilizando las matrices por segmentos de 40 km. 45

RESUMEN

Se realizaron dos cruceros oceanográficos, uno en Noviembre 2005 (representativa de la temporada de transición cálida-fría) y otro en Enero 2007 (inicios de temporada fría) con el objetivo de caracterizar con alta resolución el hábitat de los cetáceos más comunes en el Golfo de California (GC), estudiando la asociación entre la abundancia de las especies y algunas variables ambientales medidas continuamente por medio del método estadístico no paramétrico Escalamiento No-Métrico Multidimensional (NMDS). Las variables ambientales registradas *in situ* en ambos cruceros, a 4 metros de profundidad y con una resolución de 50 m, fueron temperatura del mar (TM_{-4m}), porcentaje de saturación de oxígeno (PSO_{-4m}), concentración de clorofila *a* (chl *a*_{-4m}) y turbidez (Tz_{-4m}), las variables ambientales medidas *in situ* por estación oceanográfica fueron biomasa zooplanctónica (BZ), abundancia relativa de eufáusidos (EUF) y profundidad. Las variables ambientales y la abundancia relativa de las especies de los cetáceos más comunes fueron promediadas en segmentos de 40 km para cada crucero. Se empleó el Análisis Permutacional de Multi-Respuesta (MRPP) para determinar si existen diferencias significativas entre el hábitat de los cetáceos comunes en ambas temporadas. Finalmente se realizó otro MRPP para establecer el grado de traslape de hábitat entre las especies más abundantes. El análisis ENMM indicó para cada temporada (cálida-fría e inicios de temporada fría) que el GC presenta al menos cuatro patrones distintos de hábitats que propician la segregación espacial de cuatro especies de los cetáceos más comunes: *Balaenoptera musculus* (*Bm*) y *Physeter macrocephalus* (*Pm*) estuvieron estrechamente asociadas a regiones con alta Tz_{-4m}, altas profundidades y baja concentración BZ en Noviembre 2005, mientras que en Enero 2007 *Bm* estuvo asociada a zonas poco profundas con baja concentración de BZ y EUF con temperaturas cálidas y *Pm* a hábitats profundos, bajas temperaturas. En contraste, *Balaenoptera physalus* (*Bp*) habitó principalmente en zonas poco profundas con elevada chl *a*_{-4m} en Noviembre 2005 y en Enero 2007 tendió a presentarse igualmente en regiones con poca profundidad, bajas temperaturas y altas concentraciones de BZ y EUF.

Delphinus spp. (*Dspp.*), en Noviembre 2005, tendió a zonas profundas, con chl a_{-4m} y en Enero 2007 a zonas ligeramente profundas, bajas temperaturas, altas concentraciones de BZ y EUF. El MRPP no indicó diferencias significativas ($p>0.05$) en la estructura de la comunidad de cetáceos comunes en relación con las variables ambientales en el GC en ambas temporadas, pero si sobresalió un ligero traslape entre el hábitat de *Pm* y *Bm*. La segregación de especies en ambas temporadas parece responder en gran medida a la distribución y disponibilidad de presas preferenciales de cada especie.

ABSTRACT

Two oceanographic cruises were carried out in November 2005 (representative of the transitional warm-cold season) and January 2007 (onset of cold season) to characterize the habitat of the most common cetaceans distributed in the Gulf of California (GC), establishing the association among species abundance and several environmental variables measured continuously using the non-parametric Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) statistical method. Sea temperature (ST_{-4m}), percentage of oxygen saturation (POS_{-4m}), chlorophyll *a* concentration (chl a_{-4m}) and turbidity (Tz_{-4m}) were recorded *in situ* in both seasons, at 4 m depth and with a resolution of 50 m. The environmental variables measured *in situ* in oceanographic station were zooplankton biomass (ZB), relative abundance of euphausiids (EUPH) and depth. Environmental variables and the relative abundance of the most common cetaceans were averaged in 40 km length transects. Multi-Response Permutation Procedures (MRPP) was used to statistically test if exist significant differences in the habitat among the common cetaceans at both seasons. Another MRPP was made to define the degree of habitat overlapping among the most abundant species. The NMDS analysis indicated for each season (transition of warm-cold season and onset of cold season) that the GC has at least four distinguishable habitats characterized enhance spatial species segregation of four most abundant common cetaceans: *Balaenoptera musculus* (*Bm*) and *Physeter macrocephalus* (*Pm*) were closely-related to regions with high Tz_{-4m} , high depth and low ZB in November 2005 while

in January 2007 *Bm* was associated to relatively shallow areas with relative low concentration of ZB and EUPH, warm temperatures, and *Pm* to depth habitat and low ST_{-4m} . *Balaenoptera physalus* (*Bp*) distributed mostly in shallow areas with high chl a_{-4m} in November 2005 and in January 2007 tended to be distributed in shallow regions low ST_{-4m} and high concentrations of ZB and EUPH. In November 2005, *Delphinus* spp. (*Dspp.*) were found at regions relatively depth, with low chl a_{-4m} , and at low ST_{-4m} , in shallow areas and high areas concentrations of ZB and EUPH in January 2007. The MRPP did not indicate significant differences ($p>0.05$) in the community structure of the common cetaceans with regard to the environmental variables in the GC in both seasons, but stood out a light overlap of habitats between *Pm* and *Bm*. The species segregation in both seasons apparently responded to the distribution range of each species' preys and their availability.

1. INTRODUCCIÓN

México ocupa alrededor del 1.4% de la superficie terrestre del planeta y es ubicado como cuarto país con mayor biodiversidad a nivel mundial, el primer lugar en reptiles y el quinto en mamíferos, además de poseer una gran cantidad de especies endémicas (Mittermeier *et al.*, 1997; SEMARNAT, 2001). Esto se debe a la gran extensión del litoral mexicano que presenta una gran variedad de ambientes marinos y oceanográficos latitudinales que comprende condiciones tropicales y subtropicales, lo que le ha otorgado una variabilidad de hábitats que ha propiciado y favorecido la especiación así como su radiación. Un reflejo de ellos es la gran riqueza específica de fauna marina, donde los mamíferos marinos forman la cúspide de la comunidad pelágica (Guerrero, 2005). El orden Cetacea se divide en dos subórdenes (1) Mysticeti (cetáceos con barbas) que incluye a las ballenas verdaderas (por ej. ballena franca) y a los rorcuales (por ej. ballena azul, ballena de aleta) que se alimentan de los primeros niveles tróficos (plancton, micronecton, pequeños peces) por mecanismo biomecánico de filtración y, (2) Odontoceti (cetáceos que presentan homodoncia) como los cachalotes, zifios, delfines, orcas y marsopas, especies carnívoras con amplio espectro trófico, aunque la mayor parte de ellas se alimentan de necton.

En México han sido registradas ocho de las catorce familias de cetáceos actualmente descritas, las que contienen aproximadamente 39 de las 86 especies conocidas hasta el momento a nivel mundial (Reeves *et al.*, 2003). Particularmente en el Golfo de California (GC) habita cerca del 35% de la biodiversidad de cetáceos de afinidad tropical y templada (Guerrero, 2005). El GC se caracteriza por ser un ecosistema subtropical con elevada tasa de productividad primaria (Álvarez-Borrego, 1983; Hidalgo-González y Álvarez-Borrego, 2000, 2004) y alta biomasa y diversidad de zooplancton (Brinton y Townsend, 1980; Brinton *et al.*, 1986). La parte norte del GC es esencialmente un ecosistema cálido-templado en la temporada fría (diciembre a mayo) y tropical en la temporada cálida (julio a octubre) con dos periodos de transición julio (frío-cálido) y noviembre (cálido-frío),

mientras que la porción sur del GC se caracteriza por presentar condiciones tropicales durante todo el año (Brusca *et al.*, en prensa). Por su intensa actividad pesquera, industrial, artesanal y deportiva; así como su atractivo en ecoturismo, acuacultura y por estar rodeado por cinco estados de la república con relevantes ciudades y puertos hacen que el GC sea altamente atractivo para la inversión e inmigración de personas a esta región, con un consecuente incremento de presiones antropogénicas a los ecosistemas marinos del Golfo de California. Las comunidades de cetáceos, en el GC, muestran gradientes asociados a la batimetría y a los procesos oceanográficos de distinta escala espacio-temporal que promueven complejas interacciones simbióticas y tróficas (materia orgánica particulada, fitoplancton, zooplancton, y necton), los cuales aun son escasamente estudiados y comprendidos por la dificultad de estimar la abundancia y diversidad específica de cetáceos (Flores-Ramírez *et al.*, 1996; Jaquet, 1996).

Los cetáceos presentan un amplio espectro de hábitos alimentarios, comportamiento de búsqueda de presas, reproducción, extensión y temporalidad de su ámbito hogareño o patrones de migración, lo cual hace a éste grupo altamente complejo para estudiarlo en su conjunto. Para comprender la variación de la interacción espacial-temporal de las especies de cetáceos en términos de distribución y abundancia, se hace necesario conocer la variación de las condiciones climáticas y oceanográficas del ambiente en escalas de tiempo y espacio semejantes, para definir las características que componen el hábitat de cada especie (Etnoyer *et al.*, 2004, 2006; Ferguson, 2005). El hábitat de una especie es el conjunto de recursos y condiciones ambientales bióticas y abióticas que favorecen la presencia, supervivencia y reproducción de una población (Caughley y Gunn, 1995). La asociación de las variables ambientales con la distribución y abundancia relativa de cetáceos mediante técnicas estadísticas modernas de ordenación multidimensional, permite identificar y estimar cuantitativamente el grado de influencia de los procesos oceanográficos que modifican la distribución, abundancia y estructura comunitaria (Smith *et al.*, 1986; Reilly, 1990; Davis *et al.*, 2002; Palacios, 2003; Chávez-Andrade, 2006). Múltiples técnicas de ordenación multivariadas no paramétricas han surgido como robustas

opciones de análisis matemático que ayudan a comprender los patrones espacio-temporales de especies con distribución agregada (McCune *et al.*, 2002) y su uso en ecología de mamíferos marinos ha sido hasta el momento relativamente poco utilizados (Palacios, 2003; Chávez-Andrade, 2006; Redfern *et al.*, 2006).

Existen diversos estudios enfocados a entender la estructura de la comunidad de cetáceos en el Golfo de California pero la mayor parte de ellos son autoecológicos (estudio de una sola especie), o enfocados a un reducido número de especies o que incluyen un amplio espectro específico, en los que las áreas de estudio tienen cobertura geográfica relativamente limitada y costera (Bérubé *et al.*, 2002, 1998; Chávez-Andrade, 2006; Davis *et al.*, 2007; Del Ángel-Rodríguez, 1997; Enríquez-Paredes, 1996; Flores-Ramírez *et al.*, 1996; Gendron, 1993, 1990; Guerrero, 2005; Jaquet *et al.*, 2003; Jaquet, N. y D. Gendron. 2002; Jaume-Schinkel, 2004; Ladrón de Guevara-Porras, 2007; Rojas, 1984; Tershy, B. 1992; Tershy *et al.*, 1990). Hasta ahora, existe solamente un informe técnico de National Marine Fisheries Services en donde se registra un censo de cetáceos a lo largo del Golfo de California durante la temporada de verano (julio-noviembre 1993) (Mangels y Gerrodette, 1994), y recientemente Chávez-Andrade (2006), realizó el primer esfuerzo en realizar de manera integral un censo multi-específico de grandes cetáceos durante la temporada fría (marzo-abril 2005) cubriendo la mayor parte del Golfo de California y el primero en utilizar técnicas de ordenación numérica multivariada no paramétrica para extraer los modos de variabilidad de la distribución y abundancia de grandes cetáceos. En el presente estudio se analizaron los patrones geográficos y temporales de cetáceos comunes durante el periodo de transición cálido-frío Noviembre 2005 y periodo invernal Enero 2007 asociados a múltiples condiciones ambientales, las cuales fueron registradas con instrumentos de registro continuo (cada 5 segundos), que potencialmente pueden ayudar a definir y caracterizar el hábitat preferente de cada especie y detectar los posibles cambios en la sucesión de la comunidad de cetáceos en el GC.

2. ANTECEDENTES

La variación espacio-temporal de múltiples variables ambientales como la concentración de clorofila, temperatura superficial del mar, profundidad de la termoclina, productividad primaria (Fiedler, 2002; Fiedler y Philbrick, 2002; Palacios, 2003) biomasa zooplanctónica (Baumgartner *et al.*, 2001) han sido útiles en la identificación y caracterización del hábitat de los cetáceos. La aparente ausencia de conexión entre el fitoplancton y los cetáceos, como puntos extremos en las tramas tróficas marinas, han demostrado ser altamente covariantes (Smith *et al.*, 1986; Croll *et al.* 2005). Numerosos estudios han coincidido que la distribución de cetáceos está altamente asociada al hábitat preferencial de sus presas, las cuales están a su vez considerablemente influenciadas a nivel poblacional por las variables oceanográficas a similares escalas de tiempo como temperatura, concentraciones de pigmentos fotosintéticos, entre otros (Smith *et al.*, 1986; Davis *et al.*, 1998; Baumgartner *et al.*, 2001; Murase *et al.*, 2002), ya que éstos están asociados con la producción secundaria, transporte y concentración de las presas de estos mamíferos marinos (Gaskin, 1982; Sims y Quayle, 1998; Etnoyer *et al.*, 2004).

Las primeras investigaciones que se realizaron para entender la relación entre la distribución de cetáceos y las variables oceanográficas comenzaron a mediados del siglo XX (Uda, 1954; citado en Gregr y Trites, 2001) encontrando una estrecha asociación entre éstos organismos con frentes oceánicos. Nasu (1966, citado en Gregr y Trites, 2001) describió las condiciones oceanográficas (relacionadas con temperatura y corrientes oceánicas) en la distribución de la ballena azul, ballena de aleta, ballena jorobada y ballena de Sei. En varias regiones del Pacífico Noreste se han realizado diversos trabajos que tratan de este tema (Smith *et al.*, 1986; Schoenherr, 1991; Fiedler *et al.*, 1998; Gregr y Trites, 2001; Moore *et al.*, 2002; Murase *et al.*, 2002; Croll *et al.*, 2005). En el Golfo de México existen estudios en los que analizaron simultáneamente más de cinco especies de odontocetos y mysticetos intentando describir su hábitat con algunas

variables fisiográficas o hidrográficas, como temperatura superficial del mar, temperatura en gradientes, profundidad, salinidad superficial, biomasa zooplanctónica, micronecton, corrientes ciclónicas y anticiclónicas, logrando distinguir el hábitat interespecífico o asociaciones de especies (Davis *et al.*, 1998, 2002; Baumgartner *et al.*, 2001). Palacios (2003) analizó la influencia de variables ambientales en relación a la presencia y abundancia de nueve especies de cetáceos en las Islas Galápagos empleando métodos de ordenación multivariada no paramétricos como el Escalamiento No-Métrico Multidimensional (NMDS, por sus siglas en inglés), distinguiendo el hábitat de tres grupos de especies de mamíferos marinos en función de las condiciones oceanográficas (fitoplancton, biomasa zooplanctónica, temperatura superficial, color del agua, termoclina, nitratos y picnoclina).

En el Golfo de California han sido investigados diversos aspectos sobre los cetáceos, pero han sido realizados principalmente en zonas geográficas aisladas. De manera particular Tershy *et al.* (1990) y Tershy (1992) estudiaron en la región del Canal de Ballenas la distribución, abundancia, composición y uso del hábitat de cuatro especies de ballenas barbadas en la temporada fría (noviembre a mayo) y cálida (junio a octubre), asociadas a las variables ambientales de temperatura y profundidad inferida en función de la distancia a la costa. En la costa oriental y occidental de la península de Baja California, Zavala-Hernández (1996) demostró que *Balaenoptera musculus* y *B. physalus* se encuentran preferentemente en zonas con características oceanográficas relativamente distintas; ya que mientras la ballena de aleta habitó zonas poco profundas y bajas temperaturas, la ballena azul habitó zonas más oceánicas con temperaturas comparativamente más elevadas. Mediante el registro de *Nyctiphanes simplex*, Gendron (1990, 1992) demostró la asociación de la distribución espacio-temporal de *B. musculus* con la abundancia y agregaciones superficiales diurnas de este eufáusido numéricamente dominante en la zona suroeste del GC. Posteriormente, Del Ángel-Rodríguez (1997) estudió la distribución espacio-temporal y la dieta de la ballena de aleta y la ballena azul mediante la identificación de mandíbulas de eufáusidos obtenidas de heces fecales recolectadas en la Bahía de La Paz, concluyendo que,

aunque ambas especies se alimentan de *N. simplex* y *Nematoscelis difficilis*, éstas difieren en el uso espacio-temporal de la bahía. Por su parte, Jaquet y Gendron (2002) intentaron asociar la distribución de *Physeter macrocephalus* y su presa predilecta el calamar gigante (*Dosidicus gigas*), la cual es una especie comercialmente explotada durante todo el año en el GC (Markaida y Sosa-Nishizaki, 2003). Aunque se encontró una asociación directa en la abundancia de éstas dos especies, sus resultados demuestran que el cachalote permaneció en el GC aún cuando decrecieron las abundancias del calamar gigante en las zonas de pesca.

Como ya se mencionó , existen dos censos de cetáceos que abarcaron gran parte del GC, uno en verano (Mangels y Gerrodette, 1994) y otro en invierno (Chávez-Andrade, 2006). Además, en éste último se caracterizó el hábitat de algunos grandes cetáceos siendo así el primer intento por describir el hábitat de la ballena de Bryde (*Balaenoptera edeni*), ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*), ballena azul (*Balaenoptera musculus*), ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y el cachalote (*Physeter macrocephalus*) durante la temporada fría (marzo 2005) a lo largo del GC utilizando métodos estadísticos multivariados. En él también se describieron las relaciones entre la distribución y abundancia multi-específica de grandes cetáceos en función de las variables ambientales medidas *in situ* y de datos obtenidos a partir de imágenes satelitales.

El presente estudio es parte del proyecto “Monitoreo de la producción secundaria, dinámica poblacional y parasitismo de especies claves del zooplancton mediante incubaciones *in situ* y métodos hidroacústicos en el Golfo de California (FOSEMARNAT-2004-01-C01-144)”, donde se pretende hacer una estimación de la distribución, biomasa y producción secundaria de zooplancton, con énfasis en eufáusidos asociados a la estructura de la comunidad de cetáceos, especialmente en especies que requieren en gran parte de sus requerimientos energéticos alimentarse de eufáusidos (estenófagos), como es el caso de la ballena azul.

3. JUSTIFICACIÓN

Está bien establecido que la distribución, abundancia y diversidad de especies marinas está estrechamente influenciada por las variaciones estacionales en las condiciones oceanográficas y climáticas. Por lo que, para poder hacer un uso sustentable y preservar las especies en el Golfo de California, incluyendo la sistematización, planeación de actividades de ecoturismo y preservación del hábitat crítico para los cetáceos, es fundamental conocer las variaciones estacionales en la estructura de la comunidad de especies de cetáceos que integran una comunidad.

En el presente trabajo se realizó la comparación del hábitat de los cetáceos entre las temporadas de Noviembre del 2005 (representativa de la transición cálida-fría) y Enero del 2007 (inicio de la temporada fría) en el Golfo de California, describiendo las condiciones oceanográficas y ambientales desde una perspectiva estacional que potencialmente influyen en la estructura comunitaria de estos organismos. Los resultados de este estudio proporcionan información biológica básica útil para la implementación de planes de manejo y ordenamiento ecológico de los cetáceos en el Golfo de California.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California es una larga cuenca de evaporación semi-cerrada subtropical localizada latitudinalmente entre los 21° 01 y 32° 09' N y longitudinalmente entre 115° 13 y 108° 36 O. Está delimitado al oeste por la península de Baja California y al este por los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco (Fig. 1). Presenta una orientación general noroeste-suroeste y se conecta al océano Pacífico en su porción sur. Tiene una longitud de 1400 km y anchura cercana a los 150 km, una superficie de cerca de 258,593 km² albergando en su interior a más de 900 islas e islotes (Brusca *et al.*, en prensa).

De acuerdo con Roden (1964), generalmente el GC se caracteriza por presentar una reducida cobertura de nubes la mayor parte del año y los vientos son extremadamente variables. Las mareas, vientos, el calentamiento solar y demás interacciones del GC con el océano Pacífico provocan que exista una circulación superficial vigorosa, caracterizada por un complejo sistema de mesoescala de remolinos y corrientes costeras altamente variables en términos de su estacionalidad (Roden, 1964; Molina-Cruz, 1984; Badán-Dangón *et al.*, 1985). Los patrones de vientos en el área de estudio son extremadamente variables, siendo particularmente intensos en el Canal de Ballenas durante la mayor parte del año (Roden, 1964; Álvarez-Borrego, 1983; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994). En la porción oceánica del GC, los vientos del noroeste prevalecen de noviembre a mayo pero durante el resto del año se presentan los vientos del sureste. Durante finales de mayo y principios de noviembre, los huracanes se aproximan a las áreas costeras del sur y parte central del GC aportando gran proporción de la precipitación pluvial anual y concentraciones de nutrientes relativamente bajas. Las temperaturas del GC son más calientes de abril a septiembre y frías durante el resto del año a diferencia de lo que se observa en la costa occidental de Baja California donde la temperatura es relativamente fría de enero a inicios de junio y más caliente en el este del año.

La temperatura superficial del mar se encuentra dentro del intervalo de 14° y 21°C en febrero y entre 28° y 31°C en agosto (Álvarez-Borrego y Schwartzlose, 1979).

De ésta manera, los meses de invierno son caracterizados por la elevada productividad primaria mientras que en verano predominan condiciones relativamente menos productivas, así los valores de producción primaria total integrada tienen una amplia variabilidad estacional con fluctuaciones de 1.16–1.91 g Cm⁻² d⁻¹ en la temporada fría, y 0.39–0.49 g Cm⁻² d⁻¹ en la temporada cálida (Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994; Hidalgo-González y Álvarez-Borrego, 2004, 2000). Los meses de junio y noviembre son usualmente considerados como periodos de transición entre ambas condiciones climáticas (Roden y Groves, 1959; Roden, 1964; Álvarez-Borrego, 1983; Molina-Cruz, 1984; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994). Mediante la distribución térmica superficial, se han observado dos características de mesoescala interesantes que propician la elevada productividad primaria: 1) la intensificación de las corrientes de marea superficiales por efecto de reducción de volumen de flujo latitudinal de la corriente a lo largo del Canal de Ballenas y 2) los grandes centros de surgencias costeras forzadas por viento (Molina-Cruz, 1984). La productividad primaria y secundaria (hasta el momento, ésta última no ha sido estimada formalmente) del GC ha sido considerada relativamente alta a pesar de sus condiciones subtropicales, particularmente en la cuenca de Guaymas y en la región de las Grandes Islas (Brinton *et al.*, 1986; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994). Gilbert y Allen (1943) propusieron dividir el Golfo de California en cuatro zonas basándose en la abundancia de diatomeas. De sur a norte se encuentran: la región sur-oceánica, caracterizada por presentar las poblaciones de fitoplancton más bajas, es la porción más sureña que comunica con el océano Pacífico y está delimitada en 25°N donde inicia la región central. Ésta región se extiende hasta 27°N y se han encontrado poblaciones de fitoplancton más elevadas que la región anterior, pero aún son relativamente bajas comparadas con aquellas registradas para las regiones más norteñas. Las regiones norte (27°N a 29°N) y la interna (>29°N), presentan las más elevadas abundancias de células fitoplanctónicas de todo el golfo. La abundancia de

fitoplancton tiende a incrementarse desde la boca hacia el interior del golfo con las densidades más elevadas usualmente en la cuenca de Guaymas (Round, 1967; Álvarez-Borrego, 1983; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). Santamaría-del-Ángel *et al.* (1994) estimaron las concentraciones de pigmentos fotosintéticos mediante imágenes de satélite y propusieron 14 zonas de regionalización para el Golfo de California. Sus resultados indican que en las regiones centro y sur los valores de pigmentos fotosintéticos son generalmente más altos en la costa este que en la costa oeste. Éstas concentraciones son más evidentes cerca de la entrada del GC, con pronunciados procesos de mesoescala como remolinos y filamentos detectados con imágenes de clorofila superficial (SeaWiFS), los cuales son menos notables con imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (Pegau *et al.*, 2002).

Brinton *et al.* (1986) definieron la bioregionalización del Golfo de California con respecto a la estructura de la comunidad del zooplancton, con énfasis en los eufáusidos. Encontraron una elevada diversidad zooplanctónica (hasta el momento no hay registro de especies endémicas) predominantemente de afinidad oceánica. Los niveles de biomasa de eufáusidos en el área de estudio son intermedios entre las densidades promedio de zonas frías altamente productivas de la Corriente de California y las relativamente menos productivas del Pacífico Oriental Tropical (Lavaniegos *et al.*, 1998, 1989, Roemmich y McGowan, 1995a,b; Lavaniegos *et al.*, 1998). Brinton y Townsend (1980) estudiaron los patrones estacionales de distribución y abundancia de los eufáusidos concluyendo que el Golfo de California se divide en términos biogeográficos en dos regiones: 1) una zona al norte de las Islas Tiburón y Ángel de la Guarda que es ampliamente nerítica y con los rangos más amplios de temperatura estacional y 2) una zona sur que abarca desde la región de las Grandes Islas hasta la boca del GC. Ésta última zona presenta la mayor diversidad específica y se considera la región relativamente más estable en cuanto a cambios estacionales en la estructura de la comunidad, ya que comunica al océano Pacífico donde se encuentran especies de origen templado y tropical. Una regionalización similar propuso Brusca *et al.* (en prensa) basándose en las principales regiones faunísticas establecidas por Walker

(1960) y modificadas por Thomson *et al.* (1979), dividiendo al GC en tres bioregiones para macrofauna: 1) región que abarca el Delta del Río Colorado hacia las Islas del Cinturón o también llamada Las Grandes Islas (Isla Tiburón y Ángel de la Guarda son las mayores), Bahía San Francisquito (Baja California) y Bahía Kino (Sonora); 2) región denominada parte central del GC comprende desde el límite sur del norte del cuenca de Guaymas (Sonora) hasta Punta Coyote (Baja California Sur) y 3) región que corresponde a la parte sur del GC, que se extiende desde el límite sureño del GC central hacia Cabo Corrientes en el estado de Jalisco y Cabo San Lucas en Baja California Sur.

La parte norte del GC posee un clima marcadamente seco, con lluvias anuales <100 mm con una tasa de evaporación que excede la tasa de precipitación causando mayores salinidades que el resto del GC, además de que la salinidad en esta parte se ha incrementando debido a la disminución drástica en el aporte de agua dulce durante los últimos 70 años con la desviación del río Colorado, así como del incremento de descargas salinas de actividades agrícolas favorecidas probablemente por el calentamiento global, también las concentraciones de oxígeno suelen ser mas altas en toda la parte norte que en el resto del Golfo de California (Álvarez-Borrego, 1983). En esta región se presenta un flujo neto de agua fría del Pacífico a la cuenca (Roden, 1964), lo cual ocasiona que se considere a todo el alto GC como una cuenca de evaporación, particularmente es su parte norte (Bray y Robles, 1991). La temperatura promedio mensual en el norte del GC es de 18 °C, mientras que la temperatura del agua oscila entre los 8 y 12 °C en invierno y alcanza los 30 °C en el verano.

El alto Golfo es relativamente somero y sin accidentes topográficos sobresalientes, la mayor parte de la región presenta profundidades de menos de 50 m (al norte de las Grandes Islas), aunque las zonas con mayor profundidad llegan hasta los 200 m en la Cuenca Wagner donde existe actividad hidrotermal relativamente somera (al norte Isla Ángel de la Guarda y cuenca Salsipuedes) (Álvarez-Borrego, 1983; Maluf, 1983; Lavín *et al.*, 1998). Los patrones de circulación superficial presentan remolinos ciclónicos y anticiclónicos alternantes (Lepley *et al.*, 1975; Álvarez-Borrego *et al.*, 1975; Lavín *et al.*, 1998; Carriquiry y

Sánchez, 1999) y los niveles de nutrientes se mantienen relativamente elevados a lo largo de todo el año (Brusca *et al.*, en prensa).

La comunicación entre el Alto Golfo y la zona sur es principalmente por el Canal de Ballenas (Badán-Dangón *et al.*, 1985), el cual está aislado de la parte central por una montaña submarina de aproximadamente 450 m de profundidad (Rusnak *et al.*, 1964). Aunque el mecanismo físico no está bien comprendido, los eventos de surgencia que ocurren en esta región pueden contribuir a la advección de agua fría de la costa este hacia la costa oeste de la península evidente en imágenes de satélites y de trabajos previos que muestran filamentos que se juntan a la circulación de remolinos (Marinone, 1997) La porción central del GC mantiene condiciones oceanográficas características de ambientes oceánicos con intensos eventos de surgencia estacionales en ambas costas que producen corrientes en forma de filamentos transportando agua con alta concentración de pigmentos a la parte oceánica del GC, la salinidad es similar a la que se encuentra en aguas oceánicas (35.0 a 35.8 ‰) y las concentraciones de oxígeno son relativamente bajas, típicas a profundidades intermedias y zonas de surgencia costeras (Álvarez-Borrego, 1983).

La porción sur consiste en una serie de cuencas que se hacen progresivamente más profundas hasta los 2000 m en el centro de la cuenca de Guaymas y llegan a profundidades entre 3000 y 3500 m en la boca del golfo (Roden y Groves, 1959; Badán-Dangón *et al.*, 1985; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991), se presentan frecuentes e intensas lluvias, con un promedio anual de 1000 mm a lo largo de las costas de Sinaloa, Nayarit y Cabo Corrientes (Jalisco), la altura de la marea presenta amplitudes menores a diferencia del Alto Golfo. La boca del GC presenta una mezcla de masas de agua compleja de diversos orígenes como agua modificada de la Corriente de California caracterizada por ser relativamente fría, la masa de agua cálida del Pacífico Oriental Tropical, la masa de agua cálida y salina propia del GC, y por debajo de estas se encuentra la masa de agua Ecuatorial (Tropical), la masa de agua intermedia Antártica y la masa de agua de fondo del Pacífico, en el verano la salinidad superficial del mar puede alcanzar concentraciones cercanas a 39 ‰ en áreas costeras y someras,

como los canales de la región del Delta y en esteros, mientras que en las zonas más profundas la salinidad usualmente oscila entre 35.3 y 37.2 ‰ (Lavin *et al.*, 1998).

En general, la diversidad de especies aumenta de norte a sur en el Golfo de California. Con respecto a los cetáceos en la zona sur se encuentran 31 especies, en la región centro se han observado 29, en el Alto Golfo 24 y solamente 13 especies ubicadas en la Reserva de la Biosfera, que es la región más norteña y en la que habita el cetáceo más pequeño del mundo, la vaquita (*Phocoena sinus*), la cual es una especie endémica del Golfo de California (Brownell, 1986) y actualmente se encuentra en peligro de extinción.

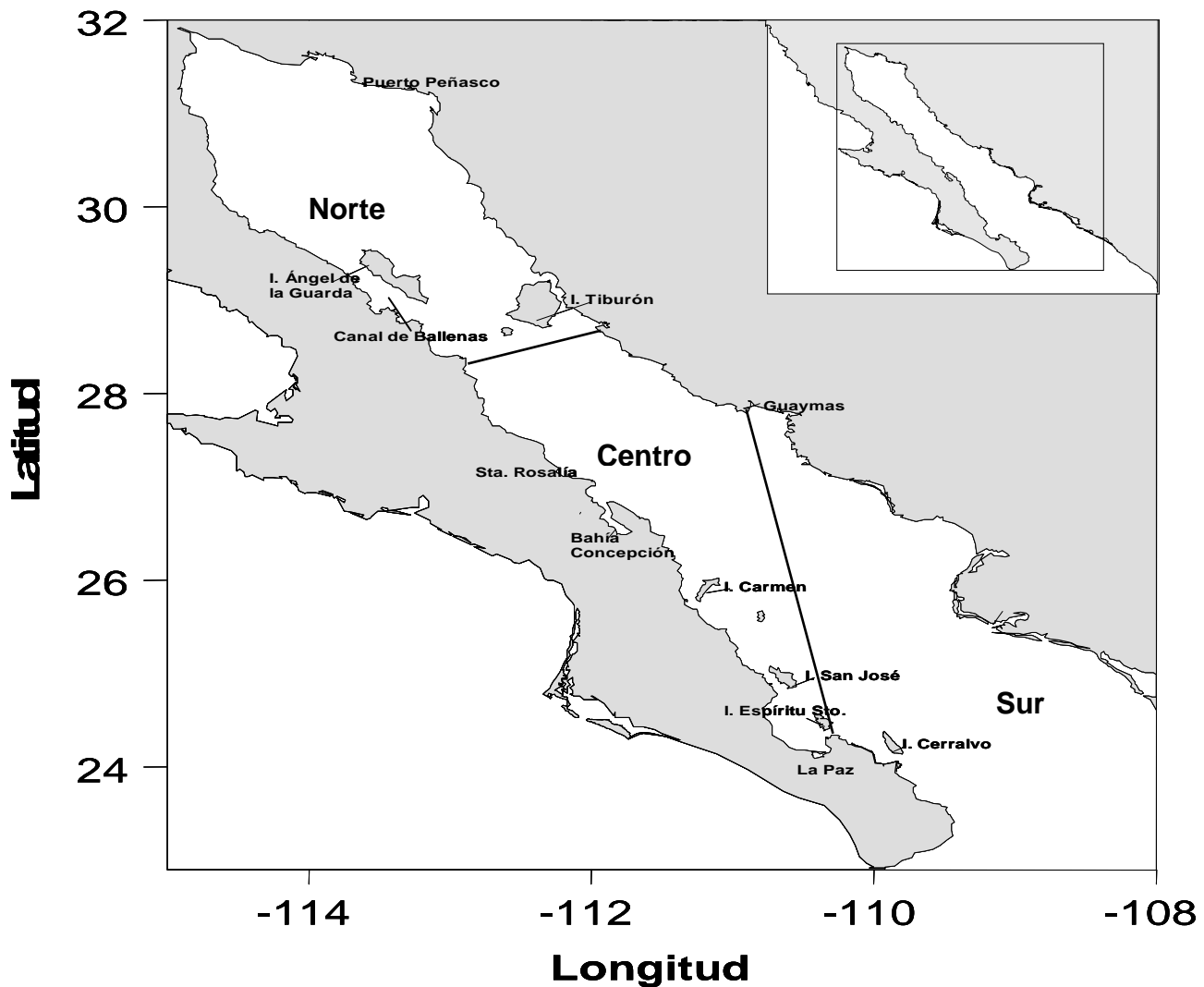


Figura 1. Toponimia del Golfo de California mostrando la separación biogeográfica de la macrofauna (modificado de Brusca *et al.*, en prensa)

OBJETIVO GENERAL

Comparar la composición específica de los cetáceos y la variación en la distribución y abundancia relativa de las especies más comunes en función de mediciones de alta resolución (50 m) de variables ambientales (temperatura, concentración de clorofila *a*, turbidez, porcentaje de saturación de oxígeno, biomasa zooplanctónica, abundancia de eufaúsidos y profundidad) en el periodo de transición cálido-frío (Noviembre 2005) y temporada fría (Enero 2007) en el Golfo de California mediante métodos estadísticos multivariados no paramétricos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Comparar composición específica de los cetáceos presentes en el periodo de transición cálido-frío (Noviembre 2005) y frío (Enero 2007) en el Golfo de California.
- 2) Analizar las variaciones espacio-temporales en la distribución, abundancia relativa de los cetáceos en el Golfo de California y sus posibles relaciones que se presentan con las variables ambientales medidas continuamente a lo largo del derrotero del buque.
- 3) Comparar, mediante técnicas estadísticas multivariadas no paramétricas los gradientes de distribución y abundancia de cetáceos en ambas temporadas en función de los gradientes multidimensionales de las variables ambientales medidas *in situ* a 4 m de profundidad.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California es una larga cuenca de evaporación semi-cerrada subtropical localizada latitudinalmente entre los 21° 01 y 32° 09' N y longitudinalmente entre 115° 13 y 108° 36 O. Está delimitado al oeste por la península de Baja California y al este por los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco (Fig. 1). Presenta una orientación general noroeste-suroeste y se conecta al océano Pacífico en su porción sur. Tiene una longitud de 1400 km y anchura cercana a los 150 km, una superficie de cerca de 258,593 km² albergando en su interior a más de 900 islas e islotes (Brusca *et al.*, en prensa).

De acuerdo con Roden (1964), generalmente el GC se caracteriza por presentar una reducida cobertura de nubes la mayor parte del año y los vientos son extremadamente variables. Las mareas, vientos, el calentamiento solar y demás interacciones del GC con el océano Pacífico provocan que exista una circulación superficial vigorosa, caracterizada por un complejo sistema de mesoescala de remolinos y corrientes costeras altamente variables en términos de su estacionalidad (Roden, 1964; Molina-Cruz, 1984; Badán-Dangón *et al.*, 1985). Los patrones de vientos en el área de estudio son extremadamente variables, siendo particularmente intensos en el Canal de Ballenas durante la mayor parte del año (Roden, 1964; Álvarez-Borrego, 1983; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994). En la porción oceánica del GC, los vientos del noroeste prevalecen de noviembre a mayo pero durante el resto del año se presentan los vientos del sureste. Durante finales de mayo y principios de noviembre, los huracanes se aproximan a las áreas costeras del sur y parte central del GC aportando gran proporción de la precipitación pluvial anual y concentraciones de nutrientes relativamente bajas. Las temperaturas del GC son más calientes de abril a septiembre y frías durante el resto del año a diferencia de lo que se observa en la costa occidental de Baja California donde la temperatura es relativamente fría de enero a inicios de junio y más caliente en el este del año.

La temperatura superficial del mar se encuentra dentro del intervalo de 14° y 21°C en febrero y entre 28° y 31°C en agosto (Álvarez-Borrego y Schwartzlose, 1979).

De ésta manera, los meses de invierno son caracterizados por la elevada productividad primaria mientras que en verano predominan condiciones relativamente menos productivas, así los valores de producción primaria total integrada tienen una amplia variabilidad estacional con fluctuaciones de 1.16–1.91 g Cm⁻² d⁻¹ en la temporada fría, y 0.39–0.49 g Cm⁻² d⁻¹ en la temporada cálida (Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994; Hidalgo-González y Álvarez-Borrego, 2004, 2000). Los meses de junio y noviembre son usualmente considerados como periodos de transición entre ambas condiciones climáticas (Roden y Groves, 1959; Roden, 1964; Álvarez-Borrego, 1983; Molina-Cruz, 1984; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994). Mediante la distribución térmica superficial, se han observado dos características de mesoescala interesantes que propician la elevada productividad primaria: 1) la intensificación de las corrientes de marea superficiales por efecto de reducción de volumen de flujo latitudinal de la corriente a lo largo del Canal de Ballenas y 2) los grandes centros de surgencias costeras forzadas por viento (Molina-Cruz, 1984). La productividad primaria y secundaria (hasta el momento, ésta última no ha sido estimada formalmente) del GC ha sido considerada relativamente alta a pesar de sus condiciones subtropicales, particularmente en la cuenca de Guaymas y en la región de las Grandes Islas (Brinton *et al.*, 1986; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994). Gilbert y Allen (1943) propusieron dividir el Golfo de California en cuatro zonas basándose en la abundancia de diatomeas. De sur a norte se encuentran: la región sur-oceánica, caracterizada por presentar las poblaciones de fitoplancton más bajas, es la porción más sureña que comunica con el océano Pacífico y está delimitada en 25°N donde inicia la región central. Ésta región se extiende hasta 27°N y se han encontrado poblaciones de fitoplancton más elevadas que la región anterior, pero aún son relativamente bajas comparadas con aquellas registradas para las regiones más norteñas. Las regiones norte (27°N a 29°N) y la interna (>29°N), presentan las más elevadas abundancias de células fitoplanctónicas de todo el golfo. La abundancia de

fitoplancton tiende a incrementarse desde la boca hacia el interior del golfo con las densidades más elevadas usualmente en la cuenca de Guaymas (Round, 1967; Álvarez-Borrego, 1983; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). Santamaría-del-Ángel *et al.* (1994) estimaron las concentraciones de pigmentos fotosintéticos mediante imágenes de satélite y propusieron 14 zonas de regionalización para el Golfo de California. Sus resultados indican que en las regiones centro y sur los valores de pigmentos fotosintéticos son generalmente más altos en la costa este que en la costa oeste. Éstas concentraciones son más evidentes cerca de la entrada del GC, con pronunciados procesos de mesoescala como remolinos y filamentos detectados con imágenes de clorofila superficial (SeaWiFS), los cuales son menos notables con imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (Pegau *et al.*, 2002).

Brinton *et al.* (1986) definieron la bioregionalización del Golfo de California con respecto a la estructura de la comunidad del zooplancton, con énfasis en los eufáusidos. Encontraron una elevada diversidad zooplanctónica (hasta el momento no hay registro de especies endémicas) predominantemente de afinidad oceánica. Los niveles de biomasa de eufáusidos en el área de estudio son intermedios entre las densidades promedio de zonas frías altamente productivas de la Corriente de California y las relativamente menos productivas del Pacífico Oriental Tropical (Lavaniegos *et al.*, 1998, 1989, Roemmich y McGowan, 1995a,b; Lavaniegos *et al.*, 1998). Brinton y Townsend (1980) estudiaron los patrones estacionales de distribución y abundancia de los eufáusidos concluyendo que el Golfo de California se divide en términos biogeográficos en dos regiones: 1) una zona al norte de las Islas Tiburón y Ángel de la Guarda que es ampliamente nerítica y con los rangos más amplios de temperatura estacional y 2) una zona sur que abarca desde la región de las Grandes Islas hasta la boca del GC. Ésta última zona presenta la mayor diversidad específica y se considera la región relativamente más estable en cuanto a cambios estacionales en la estructura de la comunidad, ya que comunica al océano Pacífico donde se encuentran especies de origen templado y tropical. Una regionalización similar propuso Brusca *et al.* (en prensa) basándose en las principales regiones faunísticas establecidas por Walker

(1960) y modificadas por Thomson *et al.* (1979), dividiendo al GC en tres bioregiones para macrofauna: 1) región que abarca el Delta del Río Colorado hacia las Islas del Cinturón o también llamada Las Grandes Islas (Isla Tiburón y Ángel de la Guarda son las mayores), Bahía San Francisquito (Baja California) y Bahía Kino (Sonora); 2) región denominada parte central del GC comprende desde el límite sur del norte del cuenca de Guaymas (Sonora) hasta Punta Coyote (Baja California Sur) y 3) región que corresponde a la parte sur del GC, que se extiende desde el límite sureño del GC central hacia Cabo Corrientes en el estado de Jalisco y Cabo San Lucas en Baja California Sur.

La parte norte del GC posee un clima marcadamente seco, con lluvias anuales <100 mm con una tasa de evaporación que excede la tasa de precipitación causando mayores salinidades que el resto del GC, además de que la salinidad en esta parte se ha incrementando debido a la disminución drástica en el aporte de agua dulce durante los últimos 70 años con la desviación del río Colorado, así como del incremento de descargas salinas de actividades agrícolas favorecidas probablemente por el calentamiento global, también las concentraciones de oxígeno suelen ser mas altas en toda la parte norte que en el resto del Golfo de California (Álvarez-Borrego, 1983). En esta región se presenta un flujo neto de agua fría del Pacífico a la cuenca (Roden, 1964), lo cual ocasiona que se considere a todo el alto GC como una cuenca de evaporación, particularmente es su parte norte (Bray y Robles, 1991). La temperatura promedio mensual en el norte del GC es de 18 °C, mientras que la temperatura del agua oscila entre los 8 y 12 °C en invierno y alcanza los 30 °C en el verano.

El alto Golfo es relativamente somero y sin accidentes topográficos sobresalientes, la mayor parte de la región presenta profundidades de menos de 50 m (al norte de las Grandes Islas), aunque las zonas con mayor profundidad llegan hasta los 200 m en la Cuenca Wagner donde existe actividad hidrotermal relativamente somera (al norte Isla Ángel de la Guarda y cuenca Salsipuedes) (Álvarez-Borrego, 1983; Maluf, 1983; Lavín *et al.*, 1998). Los patrones de circulación superficial presentan remolinos ciclónicos y anticiclónicos alternantes (Lepley *et al.*, 1975; Álvarez-Borrego *et al.*, 1975; Lavín *et al.*, 1998; Carriquiry y

Sánchez, 1999) y los niveles de nutrientes se mantienen relativamente elevados a lo largo de todo el año (Brusca *et al.*, en prensa).

La comunicación entre el Alto Golfo y la zona sur es principalmente por el Canal de Ballenas (Badán-Dangón *et al.*, 1985), el cual está aislado de la parte central por una montaña submarina de aproximadamente 450 m de profundidad (Rusnak *et al.*, 1964). Aunque el mecanismo físico no está bien comprendido, los eventos de surgencia que ocurren en esta región pueden contribuir a la advección de agua fría de la costa este hacia la costa oeste de la península evidente en imágenes de satélites y de trabajos previos que muestran filamentos que se juntan a la circulación de remolinos (Marinone, 1997) La porción central del GC mantiene condiciones oceanográficas características de ambientes oceánicos con intensos eventos de surgencia estacionales en ambas costas que producen corrientes en forma de filamentos transportando agua con alta concentración de pigmentos a la parte oceánica del GC, la salinidad es similar a la que se encuentra en aguas oceánicas (35.0 a 35.8 ‰) y las concentraciones de oxígeno son relativamente bajas, típicas a profundidades intermedias y zonas de surgencia costeras (Álvarez-Borrego, 1983).

La porción sur consiste en una serie de cuencas que se hacen progresivamente más profundas hasta los 2000 m en el centro de la cuenca de Guaymas y llegan a profundidades entre 3000 y 3500 m en la boca del golfo (Roden y Groves, 1959; Badán-Dangón *et al.*, 1985; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991), se presentan frecuentes e intensas lluvias, con un promedio anual de 1000 mm a lo largo de las costas de Sinaloa, Nayarit y Cabo Corrientes (Jalisco), la altura de la marea presenta amplitudes menores a diferencia del Alto Golfo. La boca del GC presenta una mezcla de masas de agua compleja de diversos orígenes como agua modificada de la Corriente de California caracterizada por ser relativamente fría, la masa de agua cálida del Pacífico Oriental Tropical, la masa de agua cálida y salina propia del GC, y por debajo de estas se encuentra la masa de agua Ecuatorial (Tropical), la masa de agua intermedia Antártica y la masa de agua de fondo del Pacífico, en el verano la salinidad superficial del mar puede alcanzar concentraciones cercanas a 39 ‰ en áreas costeras y someras,

como los canales de la región del Delta y en esteros, mientras que en las zonas más profundas la salinidad usualmente oscila entre 35.3 y 37.2 ‰ (Lavin *et al.*, 1998).

En general, la diversidad de especies aumenta de norte a sur en el Golfo de California. Con respecto a los cetáceos en la zona sur se encuentran 31 especies, en la región centro se han observado 29, en el Alto Golfo 24 y solamente 13 especies ubicadas en la Reserva de la Biosfera, que es la región más norteña y en la que habita el cetáceo más pequeño del mundo, la vaquita (*Phocoena sinus*), la cual es una especie endémica del Golfo de California (Brownell, 1986) y actualmente se encuentra en peligro de extinción.

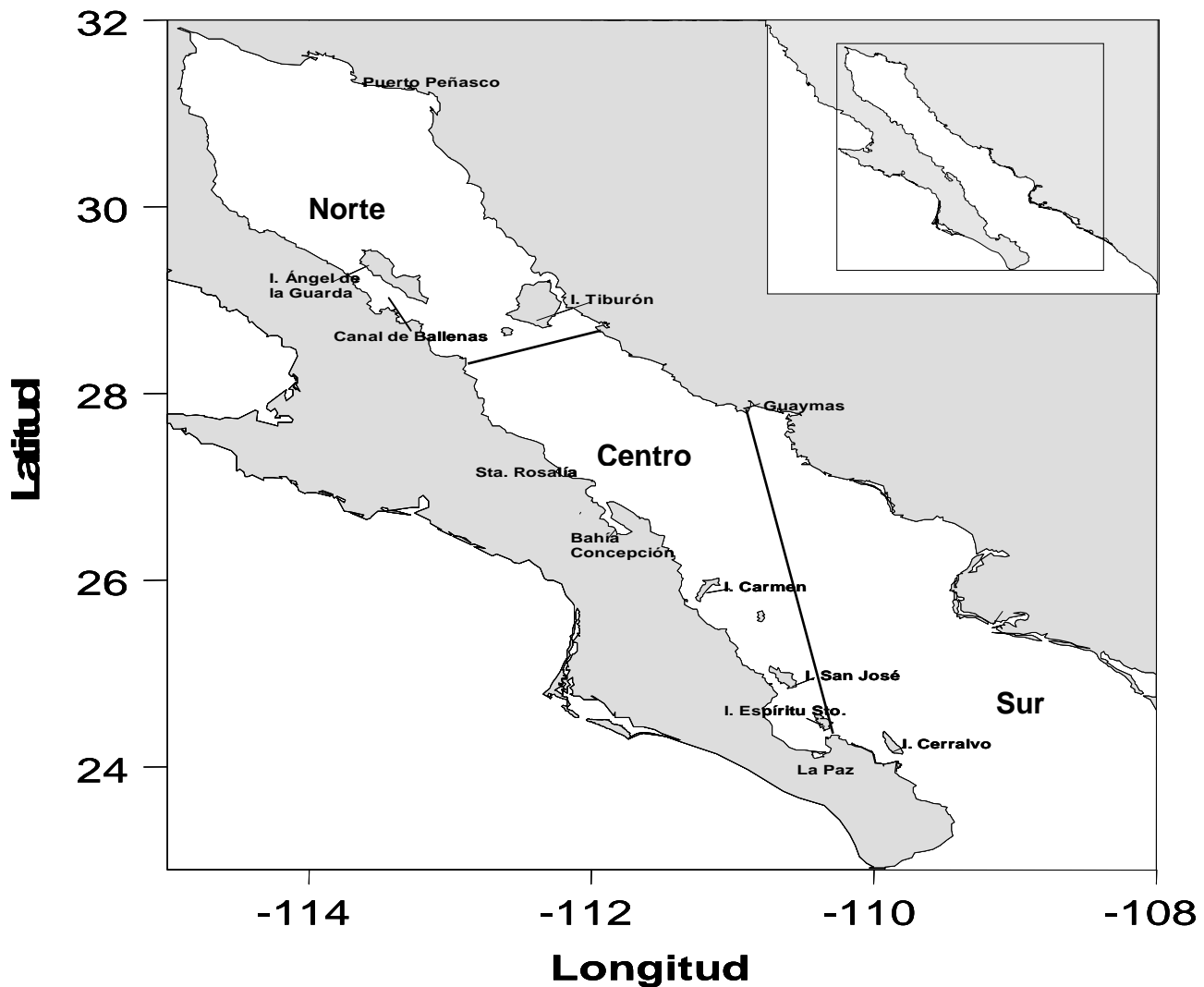


Figura 1. Toponimia del Golfo de California mostrando la separación biogeográfica de la macrofauna (modificado de Brusca *et al.*, en prensa)

OBJETIVO GENERAL

Comparar la composición específica de los cetáceos y la variación en la distribución y abundancia relativa de las especies más comunes en función de mediciones de alta resolución (50 m) de variables ambientales (temperatura, concentración de clorofila *a*, turbidez, porcentaje de saturación de oxígeno, biomasa zooplanctónica, abundancia de eufaúsidos y profundidad) en el periodo de transición cálido-frío (Noviembre 2005) y temporada fría (Enero 2007) en el Golfo de California mediante métodos estadísticos multivariados no paramétricos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Comparar composición específica de los cetáceos presentes en el periodo de transición cálido-frío (Noviembre 2005) y frío (Enero 2007) en el Golfo de California.
- 2) Analizar las variaciones espacio-temporales en la distribución, abundancia relativa de los cetáceos en el Golfo de California y sus posibles relaciones que se presentan con las variables ambientales medidas continuamente a lo largo del derrotero del buque.
- 3) Comparar, mediante técnicas estadísticas multivariadas no paramétricas los gradientes de distribución y abundancia de cetáceos en ambas temporadas en función de los gradientes multidimensionales de las variables ambientales medidas *in situ* a 4 m de profundidad.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Caracterización ambiental

Los datos sobre cetáceos y variables biológicas provinieron de dos cruceros oceanográficos realizados a lo largo del Golfo de California (GC) durante Noviembre-Diciembre del 2005 y Enero del 2007 como parte del proyecto colaborativo entre el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (IPN) y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM) a bordo del B/O El Puma de la UNAM.

5.1.1. Variables continuas. Se realizó la caracterización del hábitat del GC con base en los registros continuos de las variables ambientales de gran parte del GC. Las variables ambientales medidas cada 5 segundos a 4 metros de profundidad fueron: temperatura, salinidad con un CTD (Conductividad, Temperatura, Profundidad - Depth en Inglés -) SeaBird microcat, ubicado en el laboratorio seco del B/O El Puma con agua bombeada de la toma de agua marina limpia ubicada en la proa del buque a 4 m de profundidad. De este mismo flujo de agua bombeada se midió la fluorescencia (V) como un proxy de la concentración de clorofila *a* con un fluorómetro Turner Designs (modelo 10-AU-005-C). Adicionalmente se realizaron mediciones a lo largo del derrotero del buque oceanográfico de la concentración de oxígeno disuelto (para estimar el porcentaje de saturación) y turbidez con un sensor Winsitu 9000 instalado a 4 m de profundidad en el pozo de instrumentos del B/O El Puma. La base de datos de variables ambientales fue georeferenciada mediante GPS Trimble AG132 pareando los datos del sensor y el GPS en función del tiempo en minutos y segundos y con las latitudes y longitudes asociadas mediante un programa elaborado en MINITAB por el Dr. Carlos Robinson Mendoza (ICMyL-UNAM) (Gómez-Gutiérrez y Robinson, 2006). Éste fue un esfuerzo sin precedentes para detectar zonas de alta producción y dinámica de la circulación de mesoescala en el Golfo de California.

5.1.2. Biomasa Zooplanctónica. Para recolectar zooplancton se hicieron arrastres oblicuos tipo bongo de 500 μm de luz de malla, a profundidades

de hasta 215 m siguiendo la metodología de Smith y Richardson (1979). La biomasa zooplanctónica (BZ) fue medida con el método del volumen desplazado siguiendo la metodología de Beers (1976) estandarizada a ml/1000 m³. De las muestras madres se realizó el conteo de eufáusidos y su abundancia total fue estandarizada a ind./1000 m³.¹

5.1.3. Batimetría. Se obtuvo la profundidad del fondo marino de cada avistamiento de cetáceos a partir de su posición geográfica y de los mapas digitales elaborados por Chávez-Andrade (com. pers. CICIMAR-IPN) mediante el uso del programa de sistemas de información geográfica MapInfo versión 5.5.

5.2. Avistamiento de cetáceos

Los censos de cetáceos se realizaron mediante búsqueda directa y la observación sistemática con la técnica de muestreo de distancia en transectos lineales (Buckland *et al.*, 1993). Estos transectos fueron basados en el diseño del muestreo oceanográfico y plan de crucero (Fig. 2). En la parte más alta del buque (cofa) ubicado cerca a 16 m de altura sobre el nivel del mar (Fig. 3) se ubicaron tres observadores, cada uno orientado en diferente ángulo de observación permaneciendo en guardia durante periodos de 40 minutos. Los observadores de ambos lados utilizaron binoculares 7×50 (marca Fujinon) equipados con brújula y retícula integradas, mientras que el observador de en medio podía realizarlo sin ellos y se encargaba de realizar el registro de datos. La búsqueda y observación de cetáceos se realizó durante la mayor parte del día en presencia de luz (6:00 a 18:00 h, aproximadamente) a una velocidad promedio de 10 nudos (~18 km h⁻¹) en buenas condiciones oceanográficas y climáticas (0 a 3 en la escala Beaufort, 0 = viento y mar en calma, 3 = mar agitado con espuma al romperse las olas). El derrotero del buque durante la búsqueda visual se registró a lo largo de los transectos cada uno o dos minutos aproximadamente con un sistema geoposicionador (GPS) Garmin 12XL, en el cual se almacenó la información y al finalizar el día los datos se transfirieron a una computadora portátil mediante el uso del programa MapSource. En cada avistamiento de un cetáceo en superficie

¹ Datos de biomasa y abundancia de eufáusidos proveídos por Samuel Martínez Gómez (com. pers.)

se registró fecha, hora, coordenadas geográficas (latitud y longitud); cuando las condiciones y distancia del avistamiento fueron favorables se identificó la especie y se realizó el conteo del número de individuos en grupos pequeños como en el caso de cetáceos grandes, o una estimación cuando se trató de manadas muy abundantes como por ejemplo de delfines (Anexo I).

5.3. Procesamiento de datos y análisis de estadístico

5.3.1. Porcentaje de saturación de oxígeno. Los datos continuos de concentración de oxígeno registrados con el sensor Winsitu 9000 fueron calibrados con un YSI-1556 a partir de muestras de agua recolectadas con botellas Niskin instaladas en la roseta del CTD a 5 m de profundidad mediante un modelo de regresión lineal simple:

$$(O_2 \text{ winsitu}) = 0.4647 O_2 \text{ YSI} + 0.9477$$

Donde $O_2 \text{ winsitu}$ = concentración de oxígeno medido continuamente *in situ* a 4 m de profundidad y $O_2 \text{ YSI}$ es la concentración de oxígeno medido con el censor YSI-1556 a 5 m de profundidad en estaciones oceanográficas.

Una vez calibrada la concentración de oxígeno se calculó el porcentaje de saturación de la solubilidad de oxígeno ($\%O_2$) a partir de la temperatura, salinidad y concentración de oxígeno medida *in situ* mediante la ecuación *oxsat* (Sea-Bird Electronics, www.seabird.com/application_notes/AN64.htm):

$$\text{Oxsat}(T,S) = \exp \{A (T_a) + S * B (T_a)\} = \exp \{[A1 + A2 * (100/T_a) + A3 * \ln (T_a/100) + A4 * (T_a/100)] + S * [B1 + B2 * (T_a/100) + B3 * (T_a/100)^2]\}$$

Donde:

$\text{Oxsat}(T,S)$ = valor de saturación de oxígeno = volumen de oxígeno en gas a temperatura y condiciones de presión (STP) absorbidas del aire húmedamente

saturado a una presión total de una atmósfera, por unidad de volumen de líquido a la temperatura medida (ml/l)

A = resultante de la suma de las constantes A1, A2, A3, A4

B = resultante de la suma de las constantes B1, B2, B3

S = salinidad en psu (unidades practicas de salinidad)

T = Temperatura del agua (°C)

T_a = Temperatura absoluta (°C + 273.15)

A1 = -173.4292; A2 = 249.6339; A3 = 143.3483; A4 = -21.8492;

B1 = -0.033096; B2 = 0.014259; B3 = -0.00170

$$\%SatO_2 = (\text{Valor registrado de saturación} / \text{Valor calculado}) \times 100$$

5.3.2. Concentración de clorofila a. Fue estimada a partir de los datos continuos de fluorescencia calibrando los valores con mediciones de clorofila *a* utilizando la técnica de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC = High Performance Liquid Chromatography) de muestras de agua tomadas con botellas Niskin de 15 L de capacidad (superficie, 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 300 m de profundidad) en cada lance de CTD para filtrar 1 a 3 L de agua en una torre de filtración estándar por nivel con filtros GF/F de 0.7 µm de poro (2.5 cm diámetro) para estimar la concentración de pigmentos fotosintéticos siguiendo la técnica de Hummert *et al.* (1997) y Yu *et al.*, (1998) para ésta técnica (análisis realizados en el Centro de Investigaciones Biológicas del Norte por Francisco Hernández-Sandoval).

$$Chl\ a\ 4\ m = 9.5306 (F) - 0.1281$$

Donde F = fluorescencia medida continuamente *in situ* a 4 metros de profundidad expresada en Volts.

Se elaboraron mapas de distribución de variables ambientales medidas continuamente, abundancia relativa y distribución por especie de los cetáceos más comunes con el programa Surfer ver. 8.0. El primer crucero tuvo un derrotero de 3044 km (Fig. 2A), mientras que el segundo fue de 4665 km (Fig. 2B). Se

analizaron los datos de ambos cruceros para realizar la comparación estadística de la distribución y abundancia de cetáceos comunes (aquellos que tuvieron mayor número de avistamientos en ambos cruceros) en relación a los gradientes espacio-temporales de las variables ambientales.

5.3.3. Perfiles de temperatura. Se realizaron perfiles de temperatura a diferentes profundidades por estación para cada crucero, los cuales se sometieron a pruebas estadísticas (prueba de X^2 Friedman) para saber si había diferencias entre los perfiles de las estaciones oceanográficas de cada uno de ellos, posteriormente se hizo una prueba de T de Student para saber si existían diferencias entre los perfiles de temperaturas entre temporadas. Para detectar el tipo de masas de agua que existieron en cada uno de los dos cruceros en el área de estudio se realizó un análisis de temperatura y salinidad (diagrama TS) graficando las isolíneas de igual densidad con un programa proveído por Dr. Oleg Zaytsev (CICIMAR-IPN) cuya imagen fue realizada por Jaime Gómez Gutiérrez.

5.3.4. Condiciones del mar durante la observación de cetáceos. Se realizó un análisis de frecuencias de Kolmogorov-Smirnov de las condiciones del mar estimadas con la escala de Beaufort en las que se llevó a cabo el esfuerzo de observación en ambos cruceros proponiendo la hipótesis nula (H_0) de que no existieron diferencias significativas en las condiciones del mar entre ambos cruceros que sesgaran las probabilidades de encontrar cetáceos. Para ello se calcularon los kilómetros en los cuales hubo esfuerzo y el porcentaje del estado del mar según la escala Beaufort que se presentó durante cada crucero.

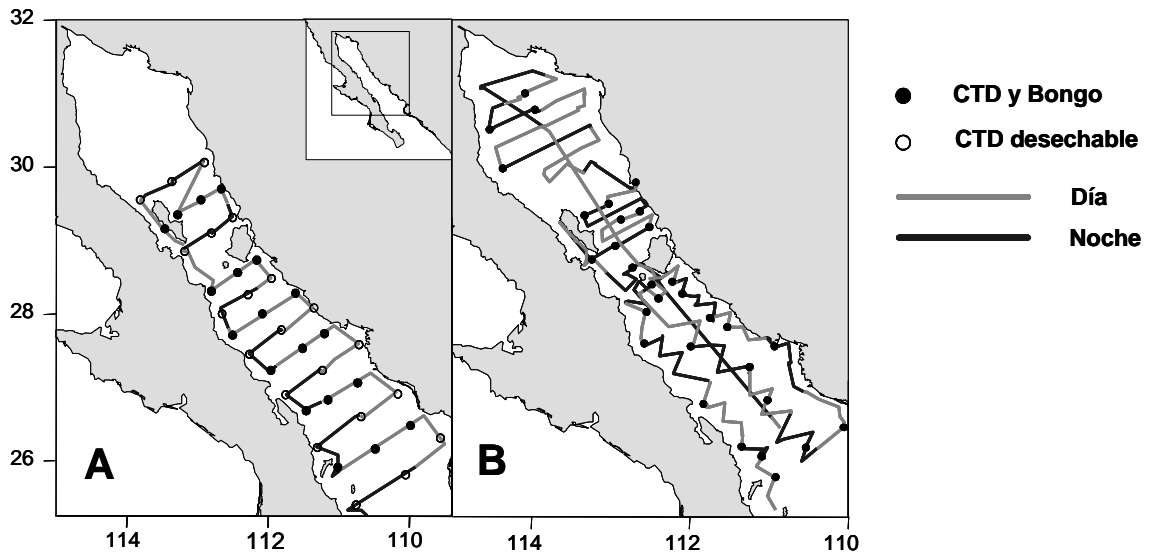


Figura 2. Plan de estaciones oceanográficas y transectos lineales del B/O El Puma realizado durante los cruces oceanográficos de Noviembre-Diciembre 2005 (A) y Enero 2007 (B).



Figura 3. Plataforma de observación localizado en la cofa del B/O El Puma, buque donde se realizaron las observaciones de mamíferos marinos.

5.3.5. Escalamiento No-Métrico Multidimensional (ENMM) (Nonmetric Multidimensional Scaling, NMDS en inglés) y Procedimiento Permutacional de Multi-Respuesta (PPMR ó MRPP en inglés). Debido a que los cetáceos son organismos nectónicos con gran movilidad y sus ámbito hogareño es altamente dinámico, el método de muestreo de transectos lineales no tiene una unidad de muestreo evidente como una estación oceanográfica como es el caso de los muestreos de plancton, por lo que es necesario realizar censos visuales a lo largo de transectos donde la unidad de

muestreo puede ser alternativamente estandarizado a unidad de tiempo (número de individuos de una especie particular observados por día o por hora de observación) o estandarizado a longitud de los transectos lineales de igual magnitud (observaciones por kilómetro recorrido). Esto solamente pudo ser definido una vez que se inició el análisis de los datos. Chávez-Andrade (2006) hizo un censo por transectos lineales analizando su información en transectos homogéneos de distinta magnitud (10, 20, 30, 40, 50 y 60 km), concluyendo que transectos de 40 km eran unidades de muestreo adecuadas que balancean el requerimiento estadístico para ser suficientemente grandes para contener varias especies en cada unidad de muestreo y no ser demasiado grande que tienda a perder resolución espacial de gradientes ambientales asociados con las especies.

Se realizaron mapas de bioregionalización asociados de acuerdo a los grupos de estaciones que tuvieron mayor similitud en la estructura de la comunidad de cetáceos en función a los gradientes en las condiciones ambientales. Por medio de un análisis multivariado no paramétrico denominado Escalamiento No-Métrico Multidimensional se definieron cuales fueron los principales modos de variabilidad de la estructura de la comunidad de cetáceos en función a los gradientes de las variables ambientales (McCune *et al.*, 2002). Éste análisis se realizó individualmente para cada crucero, y una vez identificado el patrón principal de variabilidad de la abundancia y composición específica de cetáceos se probó estadísticamente si existen diferencias significativas en las abundancias relativas de las especies comunes usando el procedimiento de permutación de multi-respuesta MRPP (McCune *et al.*, 2002). Ésta prueba es no paramétrica y por lo tanto tampoco requiere el supuesto de normalidad de los datos, fue calculado con el programa PC-ORD versión 4.25 MjM Software Design, éste programa requiere de dos matrices: una de abundancia por especie y otra de variables ambientales ordenadas en secuencias idénticas de unidades de muestreo.

Ésta técnica estadística sirve para discernir cual o cuales de las variables ambientales registradas explicaron la mayor parte de la variabilidad en la abundancia y composición específica de los cetáceos comunes en el Golfo de California durante Noviembre 2005 y Enero 2007.

6. RESULTADOS

6.1. Variables Ambientales

6.1.1. Masas de agua observadas en cada uno de los cruceros oceanográficos

Durante los cruceros oceanográficos las condiciones termohalinas registradas con el CTD en los primeros 200 m de profundidad mostraron que la principal masa de agua detectada en la mayor parte del área de estudio fue del agua del Golfo de California (AGC) y en aguas profundas Agua Subsuperficial Subtropical (AsSsT). En estratos cercanos a los 200 m se llegó a observar aguas Intermedias del Pacífico. En Enero 2007, posiblemente se pudo detectar agua profunda (alrededor de los 200 m) del Pacífico (APP). En Noviembre 2005 se registraron temperaturas hasta 6 °C más altas que en Enero 2007, pero no existieron grandes diferencias en salinidad ($p > 0.05$) entre ambos cruceros oceanográficos detectando virtualmente las mismas masas de agua entre ambas temporadas (Fig. 4).

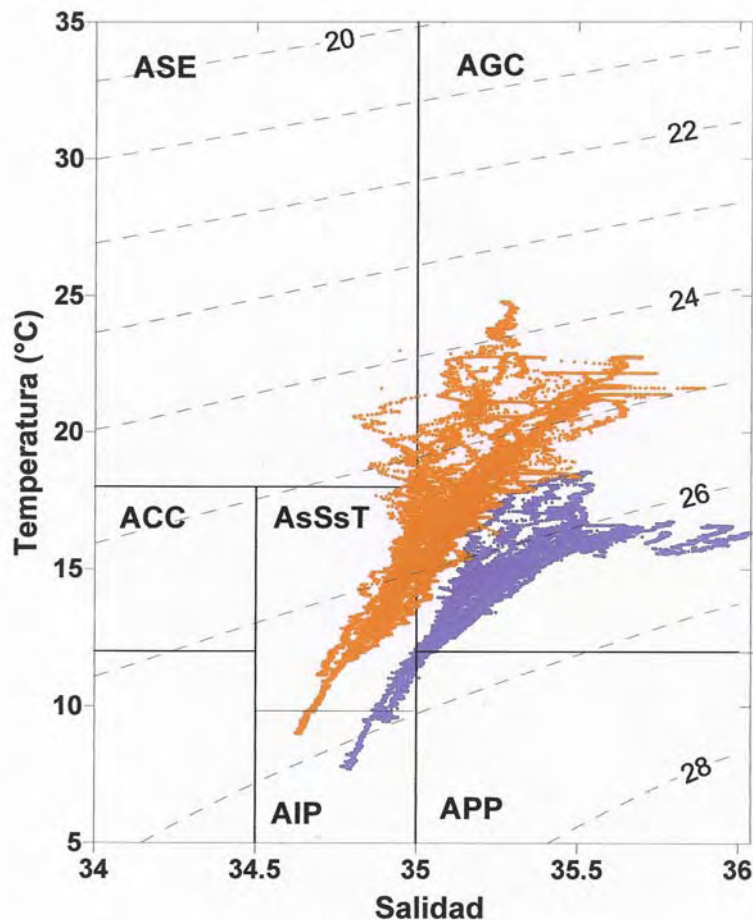


Figura 4. Diagrama de temperatura y salinidad para los lances de CDT en el Golfo de California en Noviembre 2005 (anaranjado) y Enero 2007 (azul). ASE = Agua Ecuatorial Superficial, AGC = Agua del Golfo de California, ACC = Agua de la Corriente de California, AsSsT = Agua Subsuperficial Subtropical, AIP = Agua Intermedia del Pacífico, APP = Agua Profunda del Pacífico. Clasificación de masas de agua (Torres-Orozco, 1993).

6.1.2. Temperatura del mar registrada continuamente a 4 metros de profundidad (TM_{4m})

Aunque ambos cruceros presentaron una notable diferencia en el intervalo de temperaturas registradas, ambos tuvieron una tendencia de incremento latitudinal de norte a sur. En Noviembre del 2005 se registraron temperaturas de hasta 26 °C presentándose una masa de agua cálida al sur del Golfo en ambas costas llegando a extenderse hasta la región central del GC. Se registraron temperaturas comparativamente más bajas (18 – 21 °C) cerca de la costa, desde Guaymas hasta Isla Tiburón, predominando en el resto del GC temperaturas entre 22 y 24 °C (Fig. 5A). En Enero del 2007 se registró un gradiente de temperatura relativamente menos variable y considerablemente más frío que Noviembre 2005 con una TM_{4m}

mínima de 15 °C y una máxima de 19 °C (Fig. 5B). La región relativamente más fría fue registrada alrededor de las Grandes Islas y en una parte del Alto Golfo, mientras que las temperaturas entre 18 y 19°C se registraron al sur y al norte del Golfo, extendiéndose hasta las Grandes Islas. Los datos ambientales confirman que Noviembre puede ser considerado como un periodo la transición cálido-frío y Enero como un periodo completamente frío prácticamente en todo el GC y sin pronunciados gradientes latitudinales.

6.1.3. Porcentaje de Saturación de Oxígeno registrado de manera continua a 4 metros de profundidad (PSO_{-4m})

En ambos cruceros el PSO_{-4m} varió entre el 50 y 55% en la mayor parte del GC. Regiones con 35–45% de saturación de oxígeno a 4 m de profundidad fueron registradas en ambas costas continentales en Noviembre del 2005 (Fig. 5C). Porcentajes semejantes <45% se presentaron alrededor de Isla Tiburón y en la costa de Guaymas en Enero del 2007 (Fig. 5D). Se registraron pequeñas zonas con elevados PSO_{-4m} (60 – 70%) en la zona oceánica del centro del GC en Noviembre 2005 y parte del Alto GC en Enero 2007. La tendencia de incremento de PSO_{-4m} fue de sur a norte mostrando un patrón inverso al de la TM_{-4m}.

6.1.4. Concentración de Clorofila a registrada continuamente a 4 metros de profundidad (chl *a*_{-4m})

En Noviembre 2005 la concentración de chl *a*_{-4m} fue comparativamente más elevada y heterogénea en la costa oeste desde la porción más sureña del área de estudio hasta Isla Tiburón, mostrado filamentos de relativamente alta concentración de clorofila *a* que se extienden hasta la parte central del CG (Fig. 5E). En esta zona de alta productividad las concentraciones oscilaron entre 2 y 6 µl L⁻¹ con un notable incremento en la zona costera. En el resto del GC se presentaron concentraciones comparativamente menores (0.5 a 2 µl L⁻¹). Probablemente las zonas con las mayores concentraciones estén asociadas a los procesos de surgencia costeras ocurridos en la costa oeste del GC (Fig. 5E). Contrario a lo esperado, en Enero del 2007 la concentración de chl *a*_{-4m} fue notablemente baja y con distribución bastante homogénea con valores entre 1 y 2.5 µl L⁻¹ teniendo las concentraciones más altas

registradas durante el crucero al sur de las Grandes Islas entre ambas costas del GC (Fig. 5F).

6.1.5. Turbidez registrada continuamente a 4 metros de profundidad (Tz_{4m})

La Tz_{4m} registrada en Noviembre 2005 (Fig. 5G) fue considerablemente reducida (0.1 a 2 Unidades Nefelométricas = UNM) en la mayor parte del GC en comparación de los valores registrados en Enero 2007 (Fig. 5H). La Tz_{4m} más elevada en Noviembre 2005 fue registrada en el Canal de Ballenas, mientras que en Enero 2007 fue registrada en una pequeña región en el Alto GC con valores de Tz_{4m} entre 4 y 6 UNM mostrando al igual que el PSO_{4m} un incremento latitudinal de sur a norte. Considerando las relativamente bajas concentraciones de chl *a*_{4m} y alta turbidez registradas en Enero del 2007 los datos sugieren que se presentó una alta concentración de sedimentos o feopigmentos en el GC no asociado a elevada producción primaria en comparación con lo detectado en Noviembre del 2005.

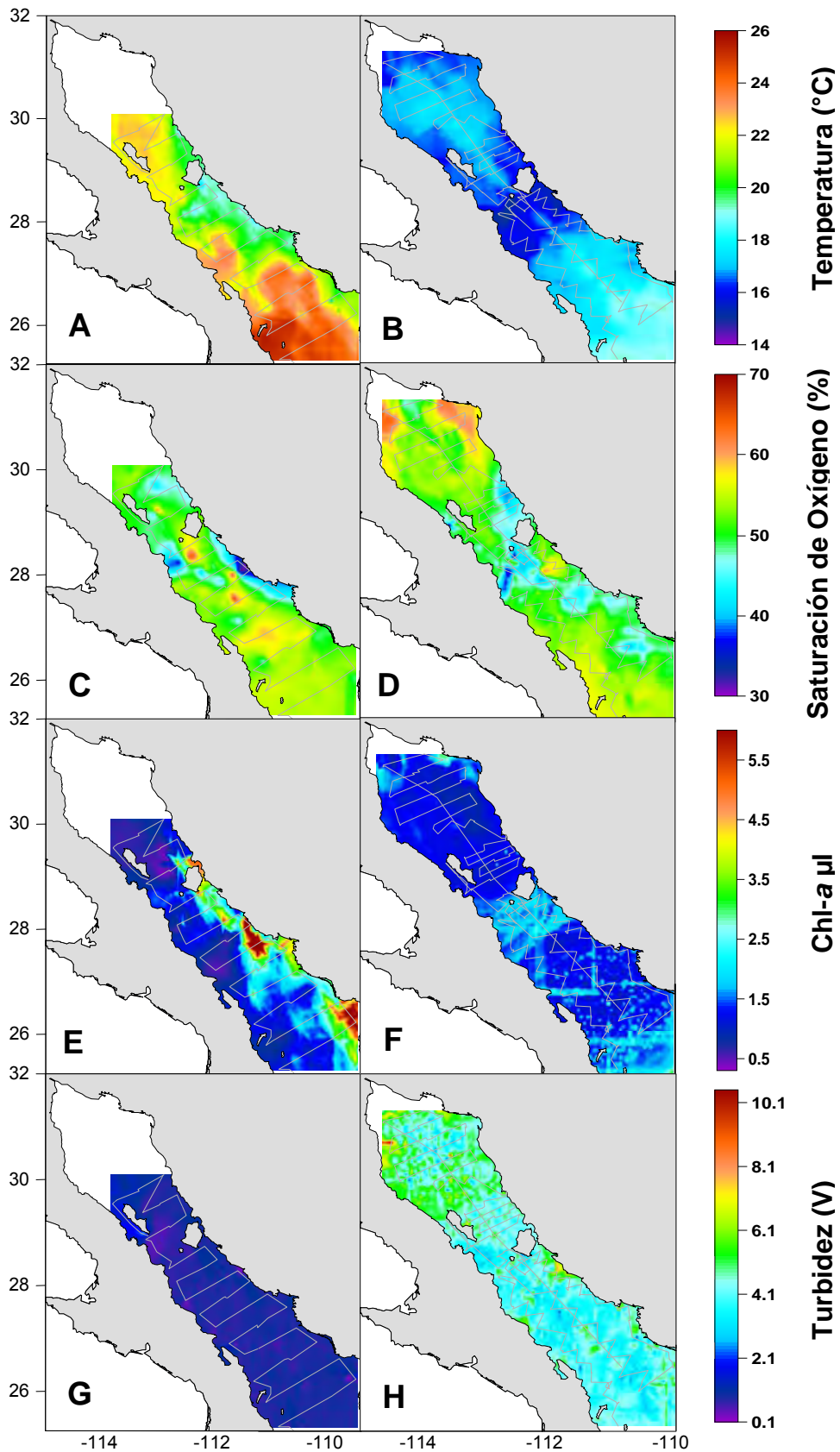


Figura 5. Variables ambientales registradas *in situ* a 4 m de profundidad cada 5 segundos (~50 m de resolución) a lo largo del derrotero del B/O El Puma durante los cruces oceanográficos de Noviembre 2005 (A, C, E, G) y Enero 2007 (B, D, F, H). Temperatura (A,B), Saturación de Oxígeno (C,D), Concentración de clorofila a (E,F) y Turbidez (G,H).

6.1.6. Análisis de temperatura del mar registrada a diferentes profundidades (CTD).

Los datos de temperatura obtenidos con el CTD en las estaciones oceanográficas en cada crucero confirmaron la variación latitudinal observada en la TM_{-4m} mostrando ésta misma tendencia en la estructura térmica vertical (de 10 a 200 m de profundidad), es decir, en general, las temperaturas más altas se encontraron en la parte sur, en la parte central se presentó un ligero aumento y en la parte norte volvió a incrementarse un poco en ambas temporadas (Fig. 6 y 7), sin embargo, en Enero 2007 se presentaron temperaturas más elevadas en algunas zonas de la parte central que en la parte sur, pero con una heterogeneidad más marcada en Noviembre 2005 en todas las profundidades muestreadas (Fig. 6B). La temperatura a 10 m en Noviembre 2005 osciló entre los 17 y 24.5 °C, las temperaturas más bajas se registraron en la costa este del GC (Fig. 6C, 7A), mientras que en Enero 2007 fue entre 15 y 18.5 °C, con las temperaturas altas detectadas en el sur (Fig. 6D, 7B). En la capa de 50 m, el rango de temperatura varió ampliamente entre 15 y 23 °C, las zonas más frías se presentaron en la región de la costa este, mostrando un ambiente más heterogéneo causado posiblemente por surgencias sub-superficiales y una capa de mezcla profunda cálida localizada a lo largo de la costa oeste del golfo en la temporada cálido-frío (Noviembre 2005) (Fig. 6C, 7C), por otro lado en inicios de la temporada fría (Enero 2007) la variación de la temperatura fue igual que en los 10 m, es decir, entre 15 y 18.5 °C con las temperaturas más altas hacia el sur (Fig. 6D, 7D).

En el estrato de 100 m de profundidad las temperaturas fueron más homogéneas en ambas temporadas con un rango de variabilidad de 14 °C a 17 °C; los valores más altos se presentaron cerca de la costa oeste en Noviembre 2005 (Fig. 6C, 7E) y hacia el sur y norte de las grandes islas en Enero 2007 (Fig. 6D, 7F). La temperatura del agua fue aún menos variable a 200 m de profundidad (14 °C a 17 °C), pero delineando las mismas regiones de baja temperatura registradas en estratos superiores en Noviembre 2005 (Fig. 6D, 7G), en el caso de Enero 2007 las temperaturas descendieron hasta los 12.5 °C desde el sur hasta la altura de las Grandes Islas y aumentaron al norte de éstas hasta los 17 °C (Fig. 6D, 7H).

La prueba de Friedman aplicada a cada temporada indicó una diferencia significativa en las temperaturas de las diferentes profundidades: $\chi^2 = 73.71$, $P <$

0.05 para Noviembre 2005 y $\chi^2 = 70.85$, $P < 0.05$ para Enero 2007, así como también entre los perfiles de temperatura de las estaciones oceanográficas: $\chi^2 = 70.98$, $P < 0.05$ para Noviembre 2005 y $\chi^2 = 53.99$, $P < 0.05$ para Enero 2007.

Sin embargo, esta diferencia no se dió entre temporadas, aunque gráficamente se observó una desigualdad entre ellas (Fig. 6), al aplicar la prueba de t-student no existieron diferencias significativas ($t = -2.04$, $P = 0.071$) entre las condiciones de temperatura registradas a diferentes profundidades de ambos cruceros, corroborando con ello las observaciones del diagrama T-S en las que prácticamente se detectaron las mismas masas de agua en ambos cruceros oceanográficos.

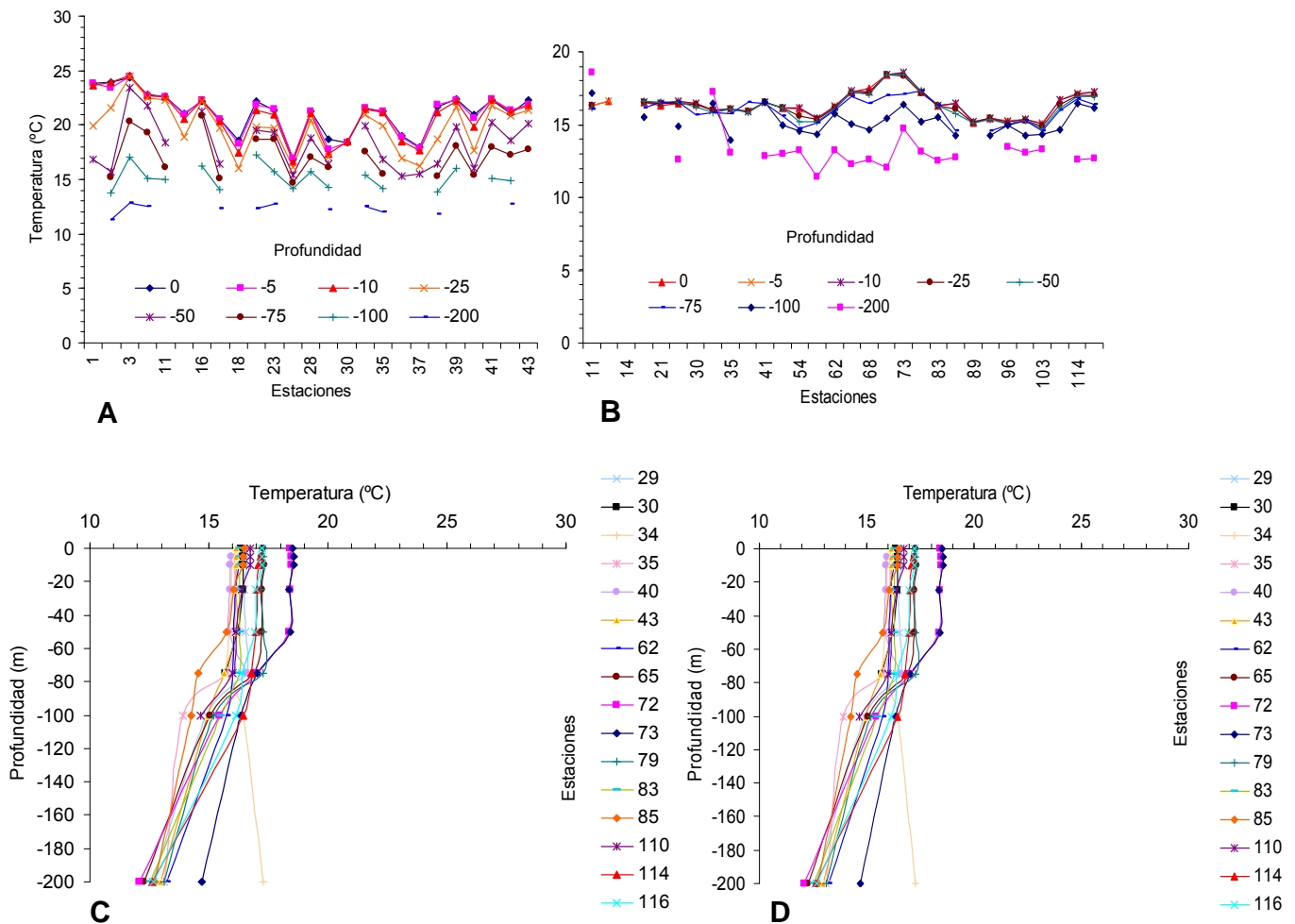


Figura 6. Gráficos de comportamiento de la temperatura del mar a diferentes profundidades (A, B) y perfiles de temperatura en función de la profundidad (C, D) en cada estación oceanográfica en Noviembre 2005 (A, C) y Enero 2007 (B, D).

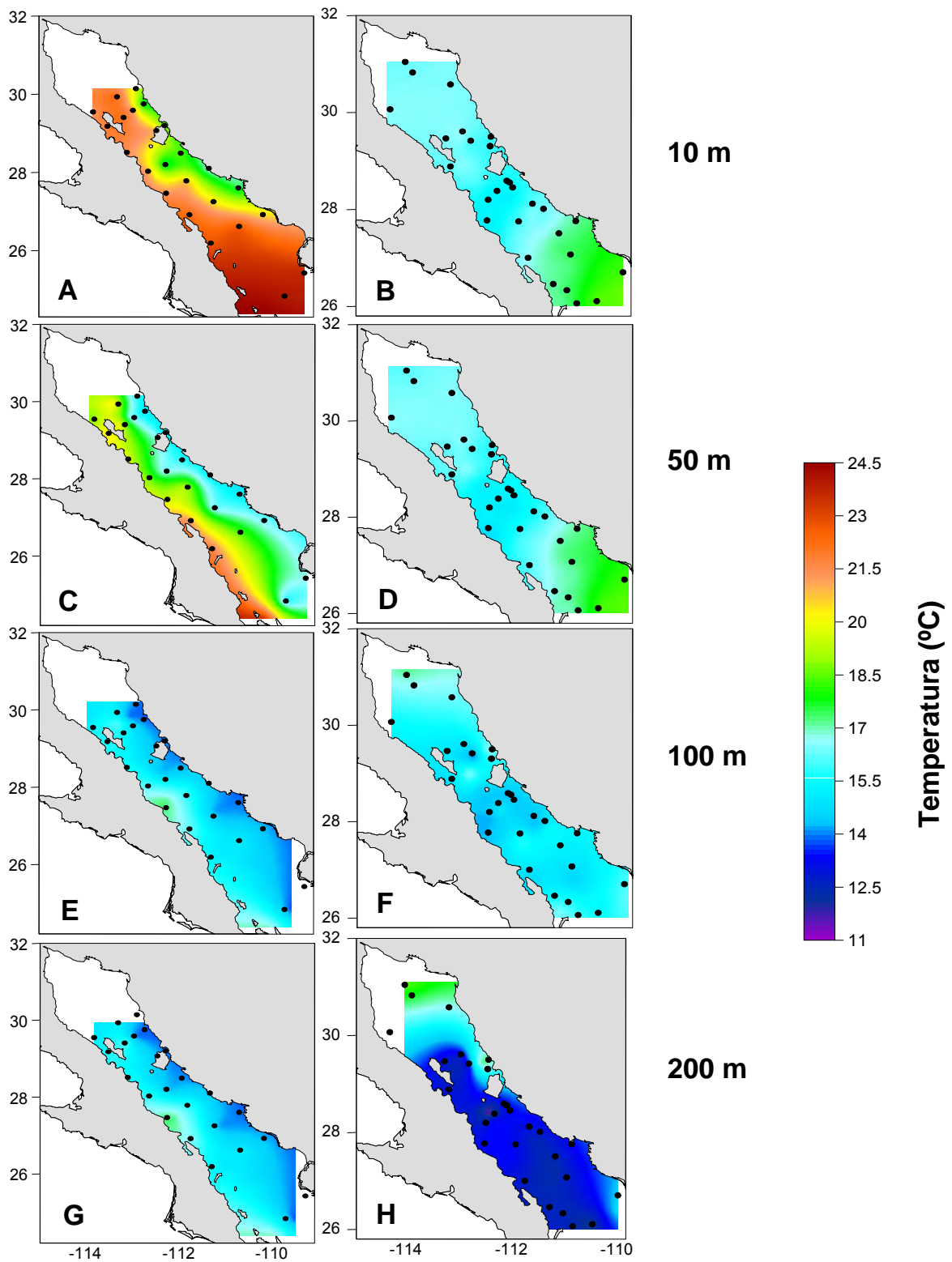


Figura 7. Distribución de la temperatura del mar ($T^{\circ}\text{C}$) registrada con CTD *in situ* por niveles de profundidad durante Noviembre 2005 (A, C, E, G) y Enero 2007 (B, D, F, H) en el Golfo de California. (A, B) 10 m, (C, D) 50 m, (E, F) 100 m y (G, H) 200 m. Los puntos negros representan las estaciones oceanográficas.

6.1.7. Batimetría

Al sur de las Grandes Islas, el Golfo de California se caracteriza por poseer una cuenca profunda orientada latitudinalmente con plataforma continental muy estrecha. Al norte de éstas islas (Alto Golfo) se presenta una extensa zona nerítica con profundidades inferiores a 200 m. En general, existe un incremento en la profundidad de norte a sur en el GC; la parte central y sur presentan cuencas profundas con características oceánicas (Fig. 8).

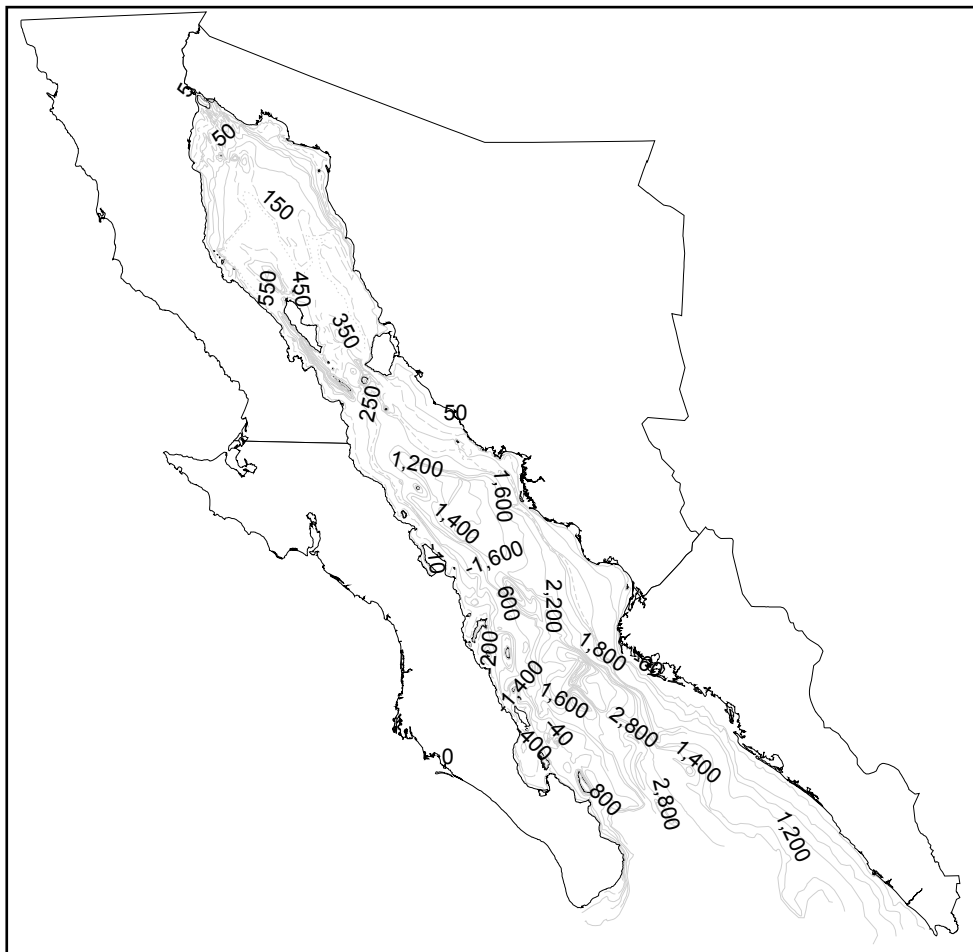


Figura 8. Batimetría y profundidad del fondo marino del Golfo de California.

6.1.8. Biomasa Zooplanctónica (BZ)

En general, la biomasa zooplanctónica (BZ) fue más homogénea y con mayores niveles de concentración en la costa noreste del GC (al norte de Isla Tiburón), al suroeste del área de estudio (frente a Bahía Concepción) y en Topolobampo en Noviembre 2005 (Fig. 9A) pero con BZ relativamente menores que en Enero 2007 (Fig. 9B) cuando se presentó una distribución más heterogénea de ésta. Las mayores concentraciones de biomasa se detectaron en ambas costas en el Alto Golfo, Guaymas e Isla Santa Catalina. Es notable que las mayores densidades de biomasa en ambos cruces fueron consistentemente alrededor de las Grandes Islas (Fig. 9A, B).

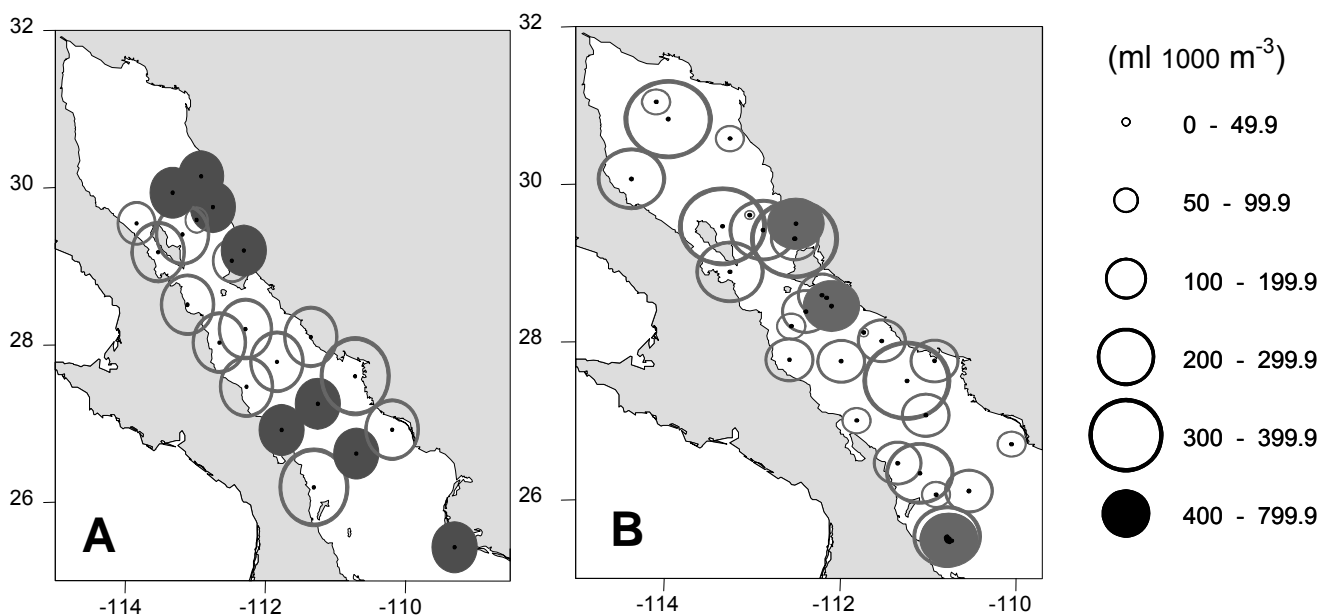


Figura 9. Distribución espacio-temporal de la biomasa zooplanctónica (ml 1000 m⁻³) registrada durante Noviembre 2005 (A) y Enero 2007 (B) en el Golfo de California.

6.1.9. Abundancia de Eufáusidos (EUF)

Contrario a la tendencia de la BZ, la abundancia de eufáusidos (juveniles y adultos) fue comparativamente mayor en el cruce de Enero 2007 (Fig. 10B) que en el de Noviembre del 2005 (Fig. 10A), presentándose las mayores densidades poblacionales en el Alto Golfo, Grandes Islas, parte central y norte de Isla Catarina, mientras que en Noviembre 2005 las abundancias de eufáusidos relativamente bajas predominaron en la mayor parte del Golfo, con excepciones en Isla Tiburón, al Norte de ésta y Centro del GC. El análisis de composición específica de los eufausidos mostró que en Noviembre la especie numéricamente dominante fue *Nyctiphanes*

simplex, y en Enero ésta especie junto con *Nematoscelis difficilis* fueron en proporciones semejantes las dos especies numéricamente dominantes (Martínez-Gómez S y Gómez-Gutiérrez J, com. pers.).

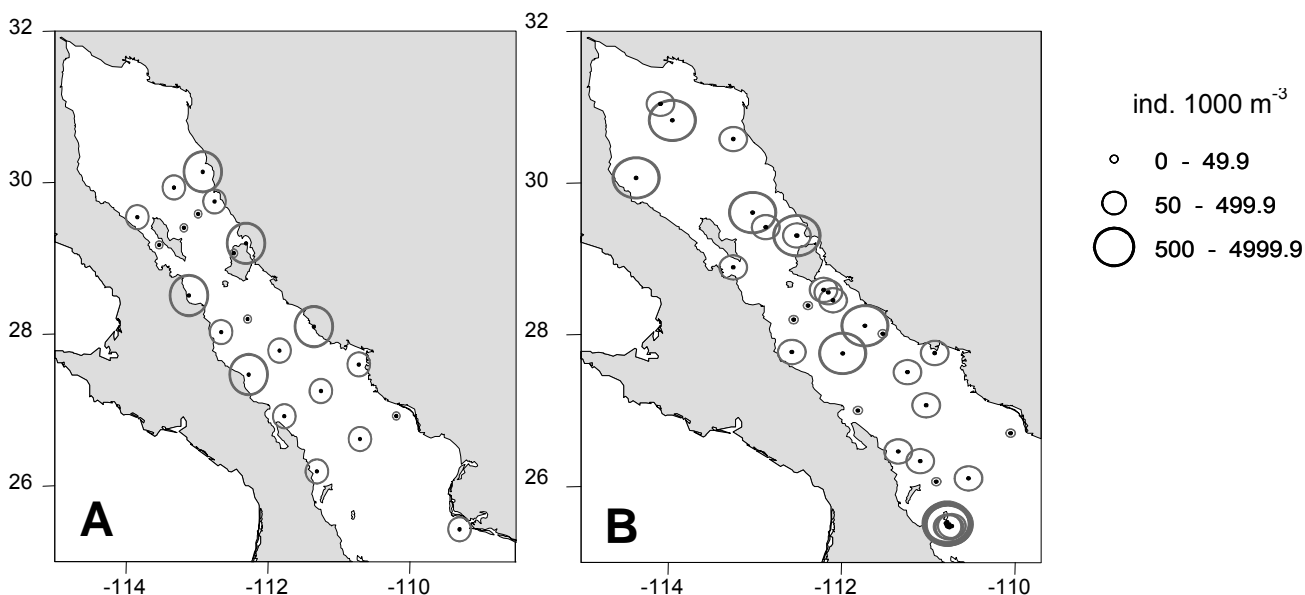


Figura 10. Distribución y abundancia de la abundancia total de euphausiidos juveniles y adultos (ind. 1000 m⁻³) durante Noviembre 2005 (A) y Enero 2007 (B) en el Golfo de California (datos proveídos por Biol. Mar. Samuel Martínez Gómez).

6.2. Distribución espacio-temporal de los cetáceos más comunes

Durante Noviembre 2005 se realizaron 203 avistamientos de 10 especies de cetáceos durante un recorrido de 1053 Km de esfuerzo de observación y en Enero del 2007 se realizaron 38 avistamientos de 6 especies en 1285 Km de esfuerzo de observación (Anexo II). Las especies de cetáceos observadas en uno o en ambos cruceros fueron la ballena de Bryde (*Balaenoptera edeni*), ballena azul (*Balaenoptera musculus*), ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*), ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), zifido (*Mesoplodon* spp.), delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*), delfín común (de rostro corto o de rostro largo) (*Delphinus* spp.), cachalote enano o pigmeo (*Kogia* spp.), cachalote (*Physeter macrocephalus*). En ambos cruceros las especies de cetáceos más frecuentemente avistadas y con mayor abundancia relativa fueron la ballena azul (*Bm*), ballena de aleta o rorcual común (*Bp*), delfín común (*Dsp.*) y cachalote (*Pm*) con un total de 134 avistamientos en 2005 y 32 avistamientos en 2007. En el caso del delfín común en ambos cruceros se

identificaron solamente hasta el nivel taxonómico de género debido a que el buque no se desvió hacia los lugares de avistamientos para identificar a nivel de especie.

6.2.1. Condiciones del mar durante el esfuerzo.

En ambos cruceros el esfuerzo de búsqueda de cetáceos se llevó a cabo durante horario diurno (8 - 18 h) únicamente bajo condiciones de mar en la escala de Beaufort ≤ 3 , registrando en general un bajo porcentaje de observaciones en condiciones de marejada inadecuadas (escala de Beaufort ≥ 4 , Fig. 11). Mediante el análisis de frecuencias de Kolmogorov-Smirnof no se encontraron diferencias significativas entre el porcentaje relativo del estado de mar durante el esfuerzo de búsqueda entre los dos cruceros (DN = 0.3, K-S = 0.495, P = 0.9668). Esto sugiere que la condición de observación de cetáceos fue similar entre ambos cruceros para realizar comparaciones de abundancias relativas y composición específica (Fig. 11).

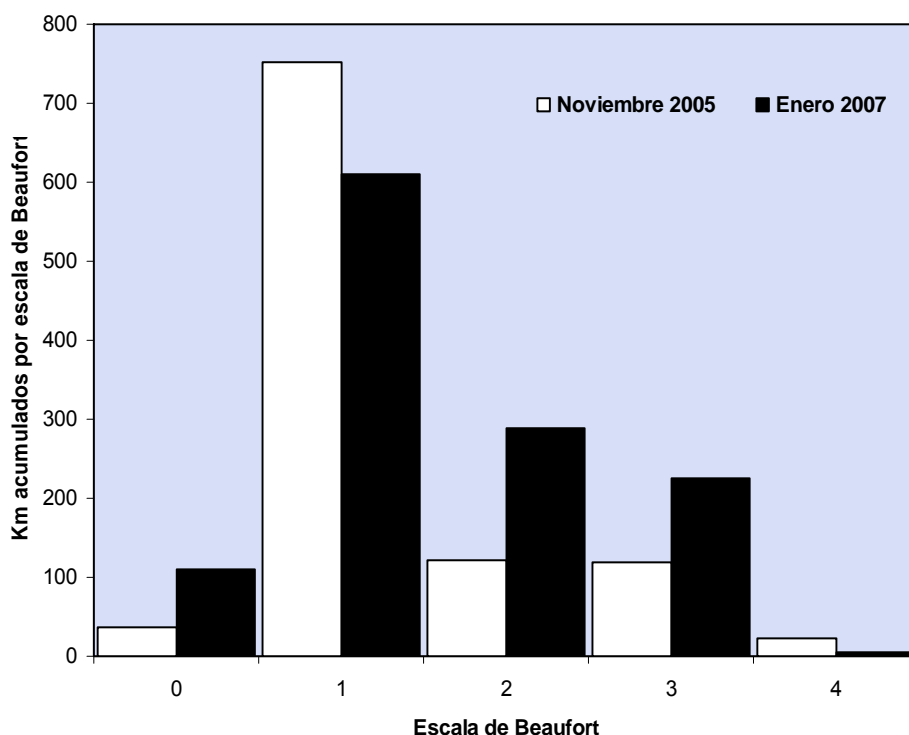


Figura 11. Distancia acumulada de esfuerzo de búsqueda de cetáceos expresado en km recorridos bajo distintas condiciones de mar superficial en relación a la escala de Beaufort detectado durante los cruceros oceanográficos de Noviembre 2005 y Enero 2007 donde se realizaron avistamientos (condiciones Beaufort > 4 sin esfuerzo de búsqueda no fue graficada).

6.2.2. Abundancia relativa y distribución de los cetáceos más comunes

La especie de cetáceos comunes con mayor número de avistamientos a lo largo del GC en ambos cruceros fue el cachalote (n = 103 en 2005 y 13 en 2007), después el delfín común (n = 14 y 7), ballena azul (n = 11 y 7) y ballena de aleta (n =

6 y 5). La ballena azul se observó principalmente en el Canal de Ballenas en Noviembre del 2005 (Fig. 12A) y más ampliamente distribuida en Enero del 2007, incluyendo la región sur de las Grandes Islas en zonas profundas (Fig. 12B).

En ambos cruceros la ballena de aleta tuvo una distribución costera cerca de la Isla Ángel de la Guarda, pero con mayores números de avistamientos al sur de Isla Tiburón, la costa oeste del GC (2005) (Fig. 12C) y cerca de Isla Ángel de la Guarda (2007) (Fig. 12D).

Al igual que la ballena azul, el delfín común presentó una amplia distribución en el ambiente costero y oceánico, frecuentemente observándose alrededor de las Grandes Islas y en el Alto GC en Enero del 2007 (Fig. 12F), mientras que en Noviembre del 2005 tuvo una distribución más amplia desde las Grandes Islas hacia el sur del GC; usualmente el tamaño de las manadas fue mayor en las zonas costeras (Fig. 12E). El cachalote se encontró en zonas costeras y oceánicas alrededor de las Grandes Islas y cerca de Guaymas, teniendo las mayores concentraciones en Canal de Ballenas en Noviembre del 2005 (Fig. 12G) y al sur de las Grandes Islas en Enero del 2007 (Fig. 12H).⁴⁵

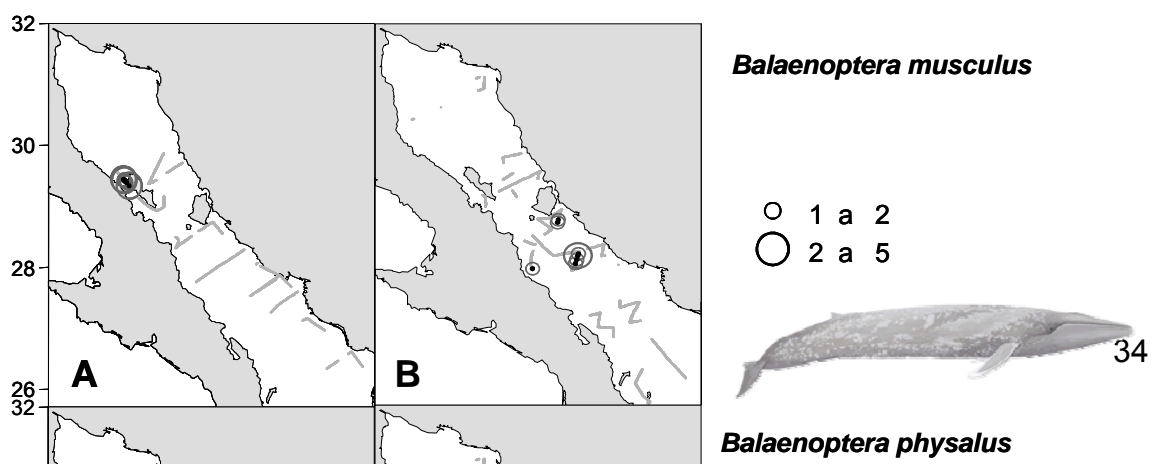




Figura 12. Distribución y abundancia (ind. avistamiento⁻¹) de cetáceos comunes durante Noviembre del 2005 (A, C, E, G) y Enero del 2007 (B, D, F, H). La ruta de esfuerzo está representada por los segmentos en gris.

6.3 Distribución de cetáceos comunes en función de la distribución de las variables continuas

A pesar de que las condiciones ambientales entre ambos cruceros tuvieron solamente un ligero traslape en TM_{-4m} , chl a_{-4m} (Fig. 13A) y PSO_{-4m} (Fig. 13C), indicado por el diagrama de dispersión de la distribución espacio-temporal de los cetáceos comunes en función de las variables registradas continuamente a lo largo

de los transectos donde se realizó esfuerzo de observación, no existe evidencia visual de diferentes hábitat interespecíficos en ninguno de los cruceros. En particular, es notable la separación del rango de Tz_{-4m} entre ambos cruceros (Fig. 13B). Es importante mencionar que ninguna especie se avistó en las zona con condiciones extremas, por ejemplo de alta concentración de clorofila en Noviembre 2005 (Fig. 13A). Estos diagramas indican que la separación interespecifica en hábitat es poco perceptible y que a nivel intraespecífico cada especie puede distribuirse en un amplio intervalo de condiciones ambientales durante la época de transición cálida-fría (Noviembre 2005) y la fría (Enero 2007). Es interesante resaltar que en general todas las especies parecen evadir zonas con valores extremadamente altos (y en algunas ocasiones bajos) en todas las variables ambientales siendo más frecuentemente avistadas en regiones con valores con tendencia central o en menor medida valores bajos de las variables medidas. Este tipo de representación gráfica muestra los gradientes en hábitat con resolución sin precedentes (aproximadamente 50 m) para estudios de mamíferos marinos.

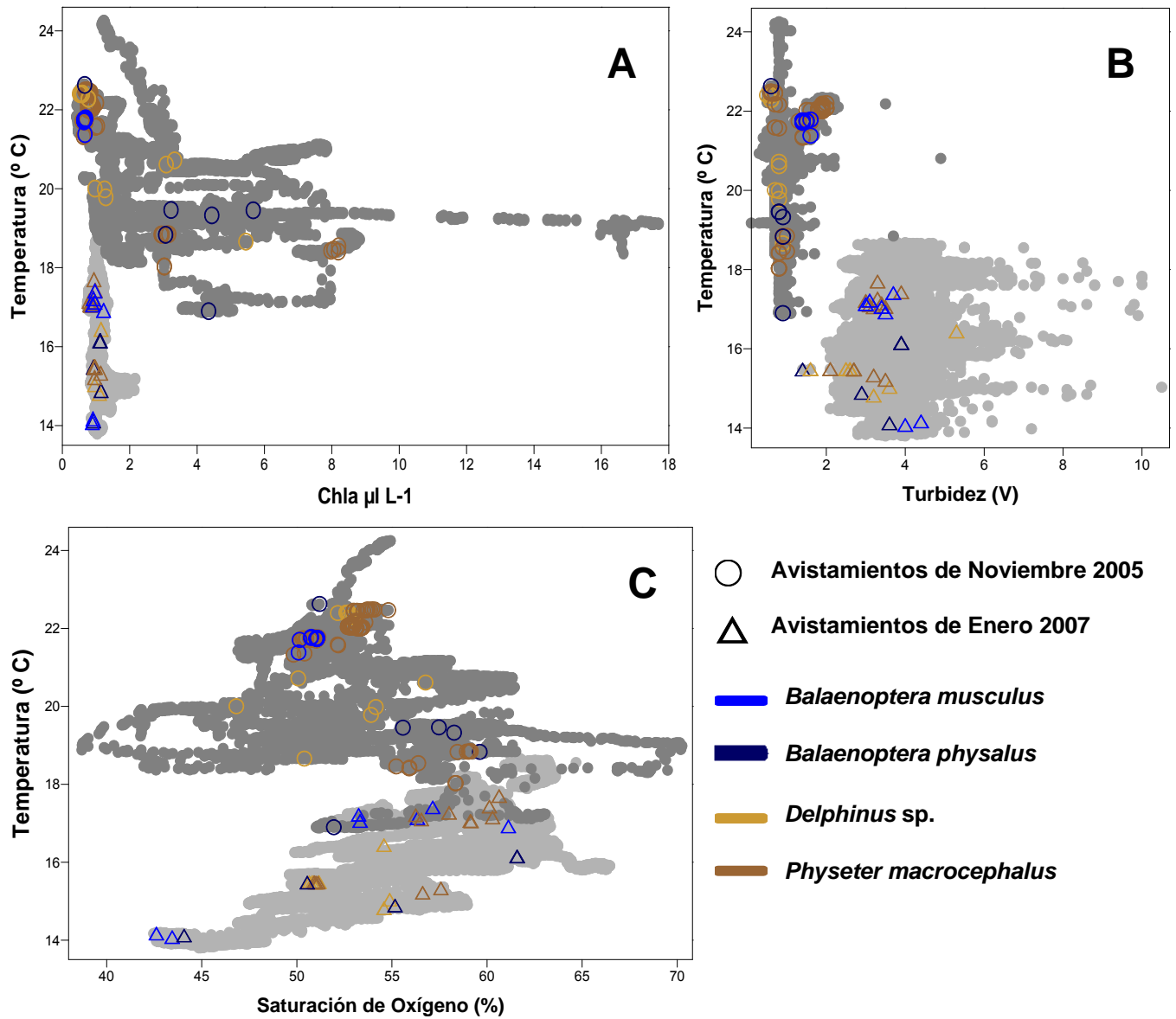


Figura 13. Distribución espacio-temporal de los cetáceos más comunes en función de la variabilidad en las condiciones ambientales registradas continuamente a lo largo del derrotero del buque oceanográfico B/O El Puma durante el esfuerzo de búsqueda (Noviembre 2005 = gris oscuro y Enero 2007 = gris claro). Temperatura vs. Clorofila *a* (A), Temperatura vs. Turbidez (B) y Temperatura vs. Porcentaje de Saturación de Oxígeno (C).

6.4. Ordenamiento de la estructura de la comunidad de los cetáceos comunes en el Golfo de California durante Noviembre del 2005 y Enero del 2007

6.4.1. Análisis de Ordenamiento multi-dimensional (NMDS) en Noviembre 2005

La solución del ordenamiento multidimensional con tres ejes presentó diferencias significativas entre el ordenamiento con datos reales y aleatorios obteniendo un estrés final de 6.91 (Monte Carlo, $p = 0.0392$). Esta es una ordenación aceptable según el criterio de Clarke (McCune *et al.*, 2002). El coeficiente de determinación resultante al medir las distancias en el espacio de ordenación y las distancias originales para los dos componentes con mayor correlación acumulada fue de 0.448 y 0.274, explicando el 72.2% de la variabilidad total (Tabla I). Ambos componentes fueron maximizados en función de la profundidad y PSO_{4m} (dos de las variables que presentaron mayor correlación) con el objeto de lograr una mejor visualización del espacio de ordenación multidimensional de las especies. La ordenación indicó que el componente dos (horizontal) está significativamente influenciado por variables ambientales abióticas como el porcentaje de saturación de oxígeno del sitio de avistamiento, profundidad y en menor grado de la concentración de clorofila *a*. Los transectos de avistamiento ubicados a la derecha están asociados principalmente a regiones con mayores PSO_{4m} (Tabla I, Fig. 14). El eje vertical estuvo fuertemente influenciado por la variabilidad de la turbidez y distintas variables biológicas como la biomasa zooplanctónica, concentración de clorofila *a* y abundancia de eufáusidos indicando un modo de variabilidad con la productividad del hábitat. Los transectos de avistamiento ubicados en la parte superior del eje de ordenación son regiones con relativamente mayor turbidez. Las especies de cetáceos que estuvieron con mayores valores de correlación al primer componente fueron *Balaenoptera physalus* y *Delphinus* spp., aunque el ordenamiento separa a esta última de los otros cetáceos posiblemente por la abundancia de las manadas y por la tendencia a avistarse éstas en zonas relativamente profundas, con bajos PSO y concentraciones de chl *a*_{4m}, *Bp* fue observada principalmente en zonas poco profundas con elevados PSO_{4m}, y

concentraciones de chl a_{4m} . De acuerdo con este ordenamiento *Balaenoptera musculus* y *Physeter macrocephalus* estuvieron estrechamente asociadas al segundo componente en regiones con alta Tz_{4m} , mayores profundidades y baja concentración de BZ típicas de ambientes oceánicos.

Tabla I. Coeficientes de determinación de Kendall (r^2) del Escalamiento No-Métrico Multidimensional (NMDS) para la asociación entre las distancias de ordenación y las distancias originales del espacio n-dimensional para variables ambientales y especies de cetáceos comunes observados en el Golfo de California durante Noviembre 2005.

Variables	Eje 1 ($r^2 = 0.133$)	Eje = 2 ($r^2 = 0.448$)	Eje 3 ($r^2 = 0.274$)
Matriz de variables ambientales			
TM _{4m}	0.424	0.001	0.019
chl a_{4m}	0.296	0.030	0.076
TZ _{4m}	0.034	0.004	0.650
PSO _{4m}	0.414	0.107	0.016
Profundidad	0.148	0.058	0.001
BZ	0.192	0.016	0.114
EUf (adultos)	0.018	0.027	0.023
Matriz de avistamiento de especies de Cetáceos			
<i>Bm</i>	0.003	0.011	0.433
<i>Bp</i>	0.843	0.016	0.001
<i>Dspp.</i>	0.128	0.658	0.110
<i>Pm</i>	0.097	0.024	0.479

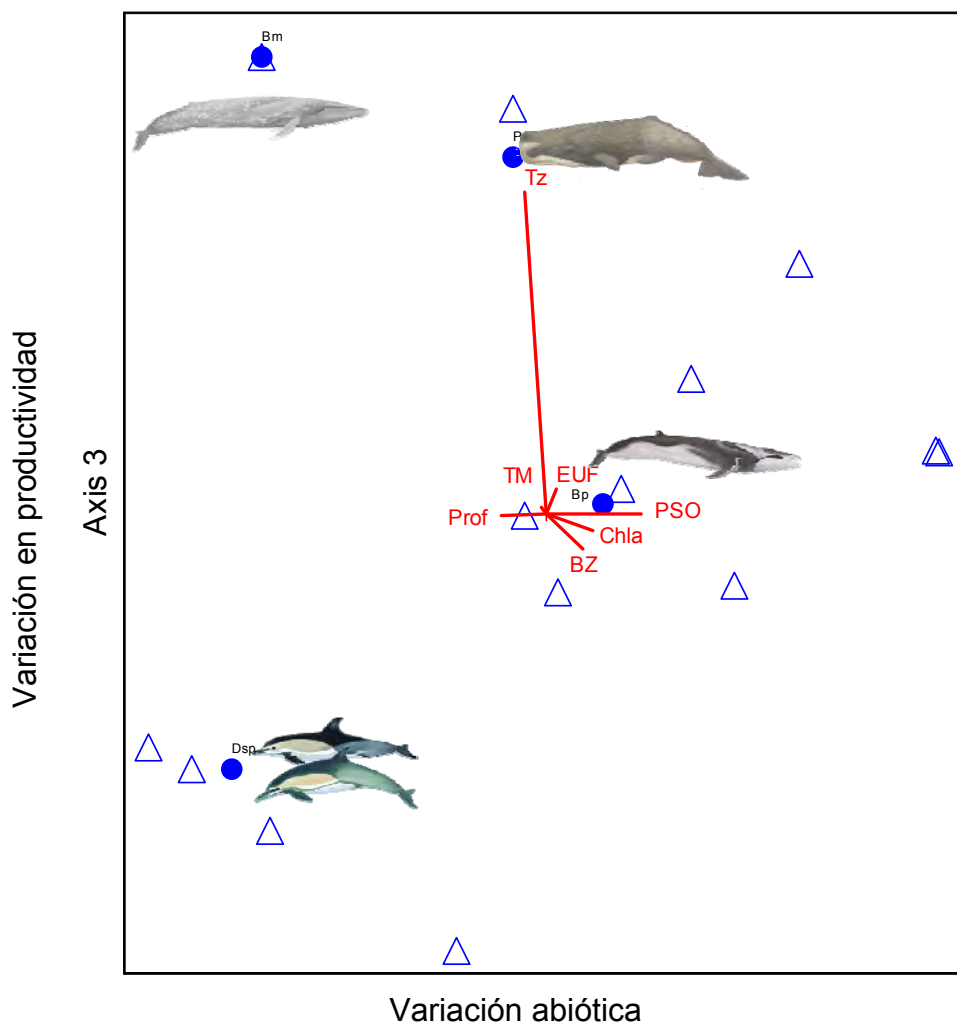


Figura 14. Espacio de ordenación multi-dimensional de las especies de cetáceos avistados durante Noviembre 2005 en el Golfo de California. Las especies están representadas por los círculos azules y los sitios de avistamiento por los triángulos.

6.4.2. Análisis de Ordenamiento multi-dimensional (NMDS) en Enero 2007

La solución con tres ejes presentó diferencias significativas entre la ordenación multi-dimensional de los datos reales y los aleatorios obteniendo con un estrés final de 4.75 (Monte Carlo, $p = 0.0392$). El coeficiente de determinación resultante de medir las distancias en el espacio de ordenación y las distancias originales para los dos componentes principales fue de 0.389 y 0.306, para los ejes 1 y 3 respectivamente, explicando el 69.5% de la variabilidad total (Tabla II). Esta ordenación fue maximizada con respecto a la BZ que en éste caso explicaba el mayor porcentaje de la variabilidad. La ordenación indicó que el componente uno

está significativamente influenciado por la BZ, PSO_{4m}, Tz_{4m}, TM_{4m} y chl *a*_{4m}, asociados a un modo de variabilidad de la productividad de fitoplancton y zooplancton con los transectos lineales que tuvieron la mayor BZ a la derecha y viceversa (Tabla II, Fig. 15). El eje vertical estuvo influenciado por la BZ y chl *a*_{4m} asociados a un modo de variabilidad impuesto por la profundidad, ya que en la parte superior del eje de ordenación estuvieron los transectos de observación de mamíferos de ambientes neríticos (bajas profundidades) y viceversa. *Balaenoptera musculus* y *Delphinus* spp. estuvieron relacionados con el primer componente, mientras que *Balaenoptera physalus* y *Physeter macrocephalus* tuvieron mayor asociación con el segundo. En Enero la ballena azul estuvo asociada a zonas relativamente poco profundas (contrario a lo observado en Noviembre 2005) con relativamente baja concentración de BZ y EUF adultos (contrario a lo esperado), temperaturas ligeramente cálidas, PSO_{4m} ligeramente altos al igual que Tz_{4m} y chl *a*_{4m}. Las manadas de delfín común estuvieron asociadas a bajas TM_{4m}, PSO_{4m}, chl *a*_{4m} y Tz_{4m} en zonas ligeramente profundas, altas concentraciones de BZ y concentraciones de EUF. En Enero 2007, la ballena de aleta al igual que *Bm* tendió a presentarse en regiones con poca profundidad, bajas TM_{4m}, PSO_{4m}, chl *a*_{4m}, y Tz_{4m} ligeramente altos pero con altas concentraciones de BZ y EUF. Los cachalotes estuvieron asociados a hábitats oceánicos (profundos) y bajas TM_{4m}, PSO_{4m}, chl *a*_{4m} y Tz_{4m}, separándose, al igual que en Noviembre 2005, del resto de los cetáceos en el ordenamiento multi-dimensional.

Un análisis NMDS con ambos cruceros confirma la tendencia general que los *Delphinus* spp. se separaron en hábitat, mientras que la ballena azul y los cachalotes estuvieron más cercanamente asociadas en sus condiciones ambientales respectivas. En el caso la ballena de aleta tuvo una posición intermedia utilizando los datos de ambos cruceros. Esto indicó una separación de hábitat de la ballena azul y de ballena de aleta en la época de transición (otoño) y temporada fría (invierno). Aunque la magnitud de los vectores cambió significativamente entre un crucero y otro, los modos de variabilidad fueron relativamente semejantes mostrando en un modo de variabilidad la asociación inversa entre PSO_{4m} y profundidad mientras que en el segundo modo de variabilidad estuvo asociado más pronunciadamente con aspectos de la productividad del GC (chl *a*_{4m}, BZ, y eufáusidos adultos).

Tabla II. Coeficientes de determinación de Kendall (r^2) del NMDS para la asociación entre las distancias de ordenación y las distancias originales del espacio n-dimensional para variables ambientales y especies de cetáceos comunes observados en el Golfo de California durante el Crucero de Enero 2007.

Variables	Eje 1 ($r^2 = 0.306$)	Eje = 2 ($r^2 = 0.155$)	Eje 3 ($r^2 = 0.389$)
Matriz de variables ambientales			
TM _{4m}	0.002	0.096	0.079
Chl <i>a</i> _{4m}	0.145	0.102	0.042
TZ _{4m}	0.061	0.097	0.080
PSO _{4m}	0.009	0.148	0.109
Profundidad	0.615	0.004	0.008
BZ	0.128	0.414	0.155
EUf	0.013	0.363	0.037
Matriz de especies de cetáceos			
<i>Bm</i>	0.066	0.024	0.282
<i>Bp</i>	0.242	0.142	0.216
<i>Dspp.</i>	0.024	0.171	0.253
<i>Pm</i>	0.719	0.078	0.059

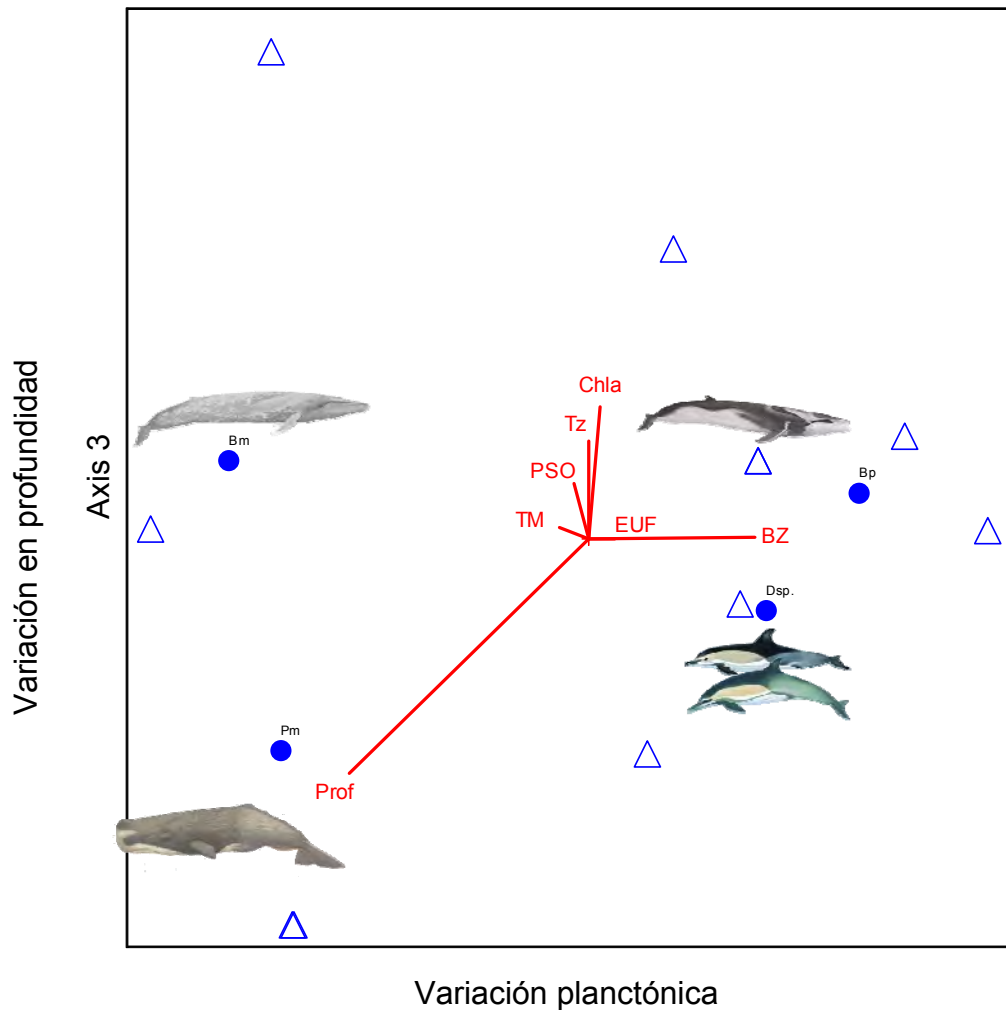


Figura 15. Espacio de ordenación de las especies de cetáceos avistados durante Enero 2007 en el Golfo de California. Las especies están representadas por los círculos azules y los sitios de avistamiento por los triángulos.

6.4.3. Análisis de Procedimiento Permutacional de Multi-Respuesta (MRPP)

Para conocer si existen diferencias en la estructura de la comunidad espacio temporal de cetáceos comunes en Noviembre 2005 y Enero 2007 se propusieron ocho hipótesis nulas (Ho) (Tabla III).

En la primer Ho se propone que la composición de especies y la abundancia relativa de los cetáceos más comunes en el GC no cambió significativamente entre el periodo de transición (cálido-frío, Noviembre 2005) y la época fría (Enero 2007). A pesar de que las condiciones ambientales fueron notablemente distintas en ambos periodos de estudio (Fig. 10 A-C). Este análisis mostró que no existe evidencia

estadística de que existan diferencias significativas en la estructura de la comunidad de cetáceos comunes entre ambos cruceros oceanográficos ($p = 0.7838$, Tabla III).

Varios estudios previos han informado que la zona de las grandes Islas es un hábitat con elevada diversidad y abundancia de cetáceos con respecto al resto del GC (Tershy 1992, Chávez-Andrade 2006, Ladrón de Guevara Porras, 2007). La segunda H_0 se realizó asumiendo que la estructura de la comunidad de la región de las Grandes Islas es igual a la del resto del GC. El análisis de MRPP indicó que no hay diferencia significativa en la estructura de la comunidad de cetáceos entre la región de las Grandes Islas y el resto del Golfo de California ($p = 0.281$, Tabla III).

Una de las preguntas principales de este estudio derivada de los resultados del análisis NMDS y estudios previos (Del Angel-Rodríguez 1997, Chávez-Andrade 2006) es si existen diferencias interespecíficas de hábitat en función de las variables ambientales medidas. Se propusieron seis H_0 que no existen diferencias entre las condiciones ambientales donde se observaron dos especies de cetáceos distintas a la vez, lo que indica que existe un traslape de hábitat interespecífico. Esta comparación es particularmente interesante para las especies *Balaenoptera musculus* vs. *Physeter macrocephalus* debido a que en ambos análisis NMDS estuvieron cercanamente asociadas y al conocimiento previo de que *Balaenoptera musculus* vs. *Balaenoptera physalus* comparten un espectro trófico relativamente semejante (enjambres de eufáusidos), aunque se conoce que la *B. physalus* también es ictiófaga. El análisis MRPP indicó que el hábitat de ballena azul y cachalote fue marginalmente distinto sugiriendo que en el periodo de transición cálido-frío (Noviembre 2005) y frío (Enero 2007) existe un traslape de hábitat (o al menos habitan en condiciones ambientales semejantes, no necesariamente las mismas) durante ambas temporadas ($p = 0.049$). En el resto de las comparaciones interespecíficas existe evidencia estadística de que el hábitat interespecífico es significativamente distinto, particularmente notable entre ballena azul y ballena de aleta (Tabla III).

Tabla III. Resultados del análisis de Procedimiento Permutacional de Multi-Respuesta (MRPP) para la comparación de la estructura de la comunidad de cetáceos comunes en el GC utilizando las matrices por segmentos de 40 km.

Ho	A	t-estadístico	p-valor
Hipótesis diferencias entre tiempo y región			
Noviembre 2005 vs. Enero 2007	-0.014	0.812	0.783
Grandes Islas vs. resto del GC	0.008	-0.441	0.281
Hipótesis de traslape interespecífico de hábitat			
<i>B. musculus</i> vs. <i>B. physalus</i>	0.146	-3.453	0.005
<i>B. musculus</i> vs. <i>Delphinus</i> spp.	0.128	-3.227	0.008
<i>B. musculus</i> vs. <i>P. macrocephalus</i>	0.078	-1.995	0.049
<i>B. physalus</i> vs. <i>Delphinus</i> spp.	0.070	-2.701	0.017
<i>B. physalus</i> vs. <i>P. macrocephalus</i>	0.072	-3.263	0.010
<i>Delphinus</i> spp. vs. <i>P. macrocephalus</i>	0.060	-3.054	0.012

7. DISCUSIÓN

Esta tesis se enfocó en definir y entender como la estructura de comunidad de cetáceos varía espacio-temporalmente en función de algunas variables ambientales medidas en tiempo real, de forma continua y abarcando una amplia región del Golfo de California durante la temporada de transición cálida-fría (Noviembre del 2005) e inicio de la temporada fría (Enero del 2007). En el pasado se había intentado asociar la distribución espacio-temporal de los cetáceos con variables ambientales mediante información de imágenes de satélites (resolución usualmente de 4 km² y en el mejor de los casos de 1 km²) o medidas de forma discreta (estaciones oceanográficas) (Baumgartner *et al.*, 2001; Baumgartner y Mate, 2005; Chávez-Andrade, 2006). En general, se conoce relativamente poco sobre la covariación multifactorial de las condiciones abióticas y bióticas que define el hábitat donde se distribuyen los cetáceos. Este estudio mostró evidencia de que la estructura de la comunidad de cetáceos fue estadísticamente no diferente entre dos temporadas (transición cálida-fría e inicio de la temporada fría) (prueba MRPP), a pesar de que en ambas predominaron condiciones ambientales notablemente distintas en sus intervalos de variación, particularmente de temperatura, pues prácticamente los dos cruceros estuvieron dominados por aguas del GC y agua superficial subtropical. Esta similitud en estructura de la comunidad se debe al número de especies avistadas relativamente reducido en ambos cruceros, indicando que ésta estructura fue estable durante el periodo de transición cálido-frío 2005 y el periodo frío 2007, y podrían esperarse cambios mayores al comparar la comunidad de cetáceos bajo condiciones de verano (Mangels y Gerrodette, 1994).

En Noviembre del 2005 la mayor proporción de la variabilidad ambiental estuvo definida por factores abióticos (turbidez, profundidad y concentración de oxígeno) típico de un crucero con gradientes y heterogeneidad notables en la distribución de variables oceanográficas, en comparación con Enero del 2007 donde las variables ambientales fueron relativamente más homogéneas y las variables bióticas (clorofila *a*, biomasa zooplanctónica) tuvieron mayor asociación o influencia con la variabilidad de la comunidad de cetáceos. De esta forma, el

periodo de transición cálido-frío presenta variabilidad en las condiciones ambientales distintas a la temporada fría pero debido a que los cetáceos raramente fueron asociados a valores extremos de éstas variables (ver Fig. 13A-C), no se detectaron diferencias significativas entre cruceros asumiendo que los cetáceos fueron avistados en condiciones relativamente semejantes. Esta observación, aparentemente simple, no hubiese sido posible de visualizar sin el intenso esfuerzo por obtener mediciones de variables ambientales cada 5 segundos en un área aproximada de 50 m georeferenciadas con dos GPS de alta precisión con el cual se detectan las condiciones bajo las cuales fueron avistados los organismos y los pone en referencia a la variabilidad total del ecosistema. Esto a su vez permitió distinguir y analizar las características del hábitat preferencial de cada especie, definidas por los análisis no paramétricos NMDS y MRPP durante ambas temporadas, los cuales se discuten a continuación para cada especie:

7.1. Hábitat de *Physeter macrocephalus*

Uno de los resultados más notables del presente estudio fue que el análisis MRPP indicó un traslape de hábitat (o semejanza de éste, no necesariamente las mismas regiones) entre *Physeter macrocephalus* y *Balaenoptera musculus* en ambas temporadas. Esto fue aún más evidente en Noviembre del 2005 cuando ambas especies estuvieron estrechamente asociadas a las condiciones similares en zonas de alta turbidez y en menor proporción a regiones con altas profundidades y baja concentración en biomasa zooplanctónica (propias a un ambiente oceánico). En contraste, en Enero del 2007 se detectó una segregación espacial de los cachalotes en zonas relativamente profundas, con bajos valores de temperaturas, porcentaje de saturación de oxígeno, concentración de clorofila *a* y turbidez, no obstante esto no fue un factor suficientemente influyente para que el MRPP pudiera distinguir significativamente entre el hábitat de estas dos especies entre ambos periodos. Estos resultados contrastan con la caracterización de hábitat informado por Chávez-Andrade (2006) en donde los cachalotes y las ballenas azules tuvieron una evidente separación espacial y de hábitat en marzo-abril 2005. La diferencia observada indica que el hábitat en el que los cetáceos se

distribuyen es altamente dinámico estacionalmente, tal vez anualmente, y que no es posible asumir *a priori* que especies con espectros tróficos distintos deben tener hábitat distintos. Ocurrieron semejanzas en el hábitat a pesar de que la ballena azul se alimenta de un nivel trófico comparativamente bajo (eufáusidos) en comparación con el cachalote (tautófago) que se alimenta de un depredador voraz, el calamar gigante, *Dosidicus gigas*. Los cachalotes tienen un comportamiento de buceo significativamente más profundo y prolongado (Davis *et al.*, 2007) que la ballena azul (Croll *et al.*, 2001) por lo que se hubiera esperado una separación completa del hábitat de estas dos especies y del resto de las especies de cetáceos. El presente estudio muestra alta variabilidad estacional en el hábitat ínterespecífico y que no es fácil definir sin margen de error los requerimientos ecológicos de estas especies con respecto al de otros grandes cetáceos (Chávez-Andrade, 2006). La similitud entre las características ambientales del hábitat de ambas especies es un resultado novedoso tomando en cuenta la amplitud y los complejos procesos oceanográficos del GC contra el requerimiento de cada especie con distintas estrategias de búsqueda de alimento y patrones de migración, por lo que estos resultados y su aparente traslape fueron inicialmente sorprendentes asumiendo que *Pm* y *Bm* se avistaron básicamente en las mismas regiones en ambas temporadas.

El común denominador en el patrón de la distribución del cachalote fueron las zonas oceánicas, lo cual también ha sido observado y estudiado en otras regiones (Smith *et al.*, 1986; Davis *et al.*, 2002; Hamazaki, 2002). Esta asociación a regiones específicas en el GC pudiera explicarse principalmente por la distribución de su principal presa: el calamar gigante (Jaquet y Gendron, 2002; Ruiz-Cooley *et al.*, 2004). En el GC los cachalotes bucean en un intervalo de profundidad de 200 a 500 m durante 15 a 35 minutos independientemente de la hora del día (Davis *et al.*, 2007), mientras que *D. gigas* usualmente se distribuye durante el día a profundidades mayores de 250 m, y durante la noche tiende a migrar hacia la superficie pero realizando migraciones verticales a zonas más profundas (Gilly *et al.*, 2006). Posiblemente ésta migración vertical diaria esté a su vez asociada al patrón de comportamiento de migración de sus presas predilectas: los mictófidios mesopelágicos (peces linternillas), y en menor medida macrozooplancton (eufáusidos) aunque los adultos de calamar también se

alimentan de calamares microneotónicos, langostilla o de otros crustáceos Galatheidae (langostillas) y peces pelágicos menores, y es relativamente común el canibalismo (Markaida y Sosa-Nishizaki, 2003). Aunque se han obtenido relaciones indirectas entre la abundancia del cachalote y la biomasa de los calamares gigantes, se ha sugerido que *P. macrocephalus* modifica su conducta en respuesta a una disminución en la abundancia de sus presas, como el incremento en la velocidad del nado, distancia y duración entre buceos, así como la disminución en el tiempo de permanencia en la superficie (Jaquet *et al.*, 2003).

7.2. Hábitat de *Balaenoptera musculus* y *Balaenoptera physalus*

Debido a su gran capacidad natatoria, su gran tamaño corporal, amplia distribución zoogeográfica y complejos patrones de comportamiento y migración, en el caso de las ballenas, la caracterización y distinción del hábitat a nivel interespecífico e intraespecífico implica un enorme esfuerzo logístico y de investigación multidisciplinaria. En esta tesis se corroboró que dos especies con hábitos alimenticios relativamente semejantes tienen una partición de hábitat cuyo mecanismo de separación es aún pobremente comprendido (Del Angel-Rodríguez, 1997).

En el presente estudio y el de Chávez-Andrade (2006) se evidenció una clara separación de hábitat interespecífico en el GC de los rorcuales azul y de aleta a pesar de tener hábitos alimenticios y requerimientos ecológicos y fisiológicos relativamente semejantes. Estudios recientes han demostrado sutiles diferencias en hábitos alimentarios como que la ballena azul se alimenta casi exclusivamente de agregaciones de eufáusidos (estenófaga) (Gaskin, 1982; Del Ángel-Rodríguez, 1997; Mejía-Acosta, 2003; Gendron, 1990, 2002) y la ballena aleta se alimenta de agregaciones de eufáusidos y de peces (relativamente eurífaga) modificando su dieta estacionalmente (Kawamura, 1980; Gambell, 1985; Gendron *et al.*, 2001). Es notable que en Marzo-Abril 2005 (Chávez-Andrade, 2006), Noviembre 2005, y Enero 2007 existió evidencia de traslape de hábitat significativo. Esto posiblemente se debió a que sus respuestas específicas a las condiciones ambientales, oceanográficas y aprovechamiento de recursos bióticos

son suficientemente distintos como para mostrar una segregación espacio-temporal interespecífica en el análisis multivariado NMDS. En un estudio de análisis de heces fecales en el cual se identificaban a nivel específico las mandíbulas de los eufáusidos en la Bahía de La Paz (Del Ángel-Rodríguez, 1997) se mostró evidencia que éstas especies no tienen un traslape espacial significativo aun cuando ambas se alimentan del mismo recurso; agregaciones de *N. simplex* y en menor proporción *N. difficilis*. Durante Noviembre 2005 y Enero 2007 se confirmó que la competencia interespecífica entre *B. physalus* y *B. musculus* es aparentemente reducida o no detectable ya que tienden a ocupar distintas zonas. En este estudio fue notable que *B. musculus* tuvo poca asociación con la abundancia de eufáusidos recolectados en las estaciones oceanográficas, a pesar que las concentraciones de la abundancia de eufáusidos adultos y biomasa zooplanctónica fueron relativamente más altas comparadas con las obtenidas por Chávez-Andrade y de Brinton y Townsend (1980). Esto indica que los muestreos estándares de plancton en estaciones oceanográficas discretas posiblemente no tienen la resolución espacial suficiente para detectar las agregaciones que, sin lugar a duda, estas dos especies de ballena pueden detectar. Por ejemplo, en Enero 2007 se descubrieron varias ballenas de aleta comiendo activamente eufáusidos (el B/O El Puma se dirigió a este punto de alimentación) y como era de esperar existieron muy altas densidades de eufáusidos (*N. simplex*) capturados con redes enviadas a sólo 1 m de profundidad (agregaciones observadas también con cámaras submarinas). Es evidente que la eficacia en la localización de enjambres de eufáusidos de los rorcuales supera la capacidad de muestreo con redes de este estudio para detectar regiones con alta disponibilidad de eufáusidos. Sin embargo, en estos dos cruceros se realizó la prospección hidroacústica con una ecosonda SIMRAD EY-500 de haz dividido (120 kHz de frecuencia) cuyo análisis de dispersión de blancos de <-60 dB indicó regiones de alta concentración de macrozooplancton con mayor resolución que los detectados con las redes Bongo (Fig. 16).

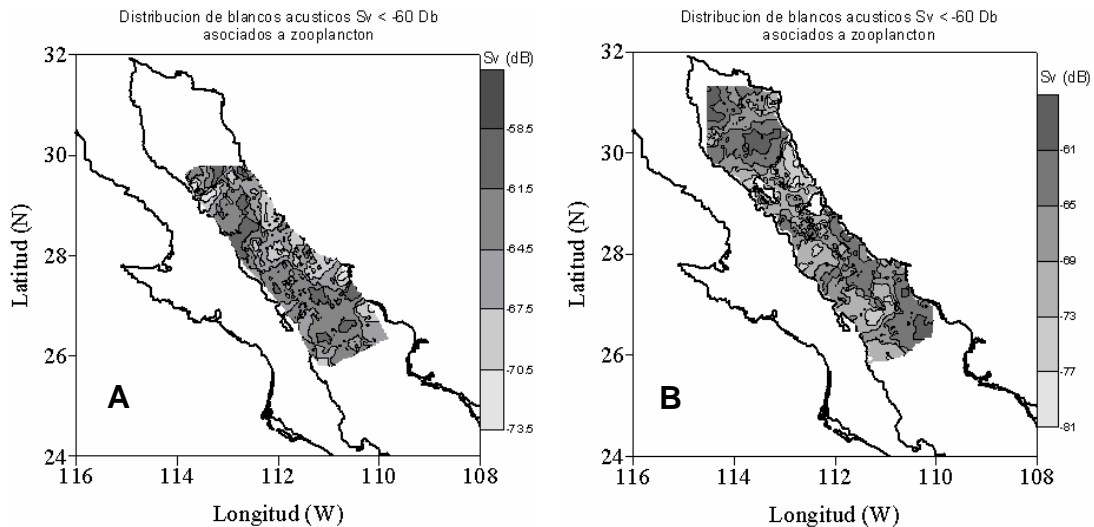


Figura 16. Distribución espacio temporal de Volumen de dispersión (Sv) < -60 dB, característico de macrozooplancton posiblemente compuesta en gran parte por agregaciones de eufáusidos (Gómez-Gutiérrez y Robinson 2006) registradas durante los cruceros oceanográficos de Noviembre 2005 (A) y Enero 2007 (B) (Información y mapas proveídos por Dr. Carlos Robinson Mendoza ICMYL-UNAM).

Balaenoptera musculus en el GC se alimenta principalmente del eufáusido *N. simplex*, que usualmente domina en términos de abundancia y biomasa la comunidad de eufáusidos en el GC (Brinton y Townsend, 1980), evidenciado por observaciones directas (Gendron, 1992) y por análisis de heces fecales (Del Ángel-Rodríguez, 1997, Mejía-Acosta, 2003). Además se ha realizado una evidente asociación de la presencia de ballena azul en regiones con elevada concentración de eufáusidos mediante análisis multivariados en el GC (Chávez-Andrade, 2006). Es posible que la baja asociación de ubicación de las ballenas con los eufáusidos en Noviembre 2005 se deba a otros factores inherente a la especie y que no tenga que ver con el alimento; así como mencionar la presencia de la ballena azul en la región sur del GC (Anexo III). Estos avistamientos fueron detectados durante el recorrido del área de estudio al puerto de Mazatlán por lo que no fueron incluidos en el análisis estadístico debido a que no registraron variables ambientales continuas. Debe resaltarse la relevancia científica de estos registros para corroborar la entrada de esta especie al Golfo de California en el periodo de transición cálido-frío posiblemente de la población de California o del Domo de Costa Rica (Busquet-Vass, 2008). La reducida asociación que también tuvo *B. musculus* con las variables ambientales antes mencionadas (EUF y BZ) en Enero del 2007, pudiera deberse a que posiblemente las agregaciones de

eufáusidos no fueron suficientemente densas promovidas por una capa de mezcla muy amplia (>90 m) para que las ballenas azules estuvieran alimentándose el suficiente tiempo en una región específica. Por lo tanto, es posible que las ballenas azules debieran navegar frecuentemente para encontrar agregaciones de eufáusidos, lo cual coincide con la distribución más dispersa detectada en Enero 2007. Se conoce que las ballenas azules se alimentan individualmente, pero un gran número de ellas lo hacen en regiones relativamente reducidas, por ejemplo entre Isla Catalina y Bahía de La Paz (Gendron, 1990, 2002). Los avistamientos en ambas temporadas fueron de uno o dos animales a la vez, dando como resultado la suposición que éstos estuvieran desplazándose de un punto a otro o forrajeando y por lo tanto no alimentándose. Es notable la falta de información de la distribución y abundancia de la ballena azul previo al estudio realizado en el GC que comprende de diciembre a junio, periodo en el cual la ballena azul se encuentra dentro del golfo (Gendron, 2002; Busquet-Vass, 2008). Es evidente que las agregaciones de eufáusidos son altamente heterogéneas y posiblemente de tamaño pequeño (<1 km) (con base en datos acústicos), de tal forma que no pueden ser detectadas espacio-temporalmente con la resolución necesaria por una red de estaciones oceanográficas realizada en este estudio y en el estudio de Chávez-Andrade (2006). Será necesario realizar estudios en donde se cuenten con muestreos de plancton continuos como el CUFES (Continuous Underway Fish Egg Sampler) o estimar la biomasa de eufáusidos a partir de información hidroacústica continua para asociarla a variables ambientales continuas (Fig. 16).

A diferencia de la ballena azul, que migra anualmente de California o del Domo de Costa Rica al Golfo de California (Calambokidis *et al.*, 1990), la ballena de aleta tiene una población residente en el Golfo de California supuestamente aislada de la población de California donde puede completar su ciclo biológico (Bérubé *et al.*, 1998; Bérubé *et al.*, 2002). Paradójicamente, durante ambos cruceros oceanográficos *B. physalus* presentó el menor número de avistamientos y una distribución relativamente menos costera de lo previamente informado en la región del Canal de Ballenas (Tershy *et al.*, 1990), ya que durante la mayor parte de los dos cruceros esta especie fue avistada en regiones poco profundas aparentemente sin tener una preferencia particular en cuanto alguna región del GC (norte, centro o sur). En ambas temporadas se encontraron distribuidas por la

mayor parte de las zonas donde se realizó esfuerzo y la ruta del B/O El Puma no fue particularmente costera. Sin embargo, en Noviembre del 2005 *B. physalus* estuvo asociada a aguas someras, frías, con alto porcentaje de saturación de oxígeno y altas concentraciones de clorofila *a*, concordando con las condiciones ambientales predominantes en su patrón de distribución en marzo 2005 (Chávez-Andrade, 2006). En cambio en Enero del 2007, *B. physalus*, aunque estuvo asociada con regiones someras y bajas temperaturas, también estuvo presente en regiones con elevadas concentraciones de eufáusidos y biomasa zooplanctónica. Éste patrón de distribución durante ambos periodos (transición cálido-frío e inicios de temporada fría) difieren del patrón registrado en verano cuando *B. physalus* aparentemente tiende a habitar aguas alejadas de la costa (Mangels y Gerrodette, 1994) posiblemente como una respuesta a transición de una distinta dieta (peces). Un cambio en las señales isotópicas de carbono y nitrógeno entre especies de rorcuales coincide con un cambio de dieta (Jaume-Schinkel, 2004, Gendron *et al.*, 2001), como el que la ballena azul muestra una señal isotópica distinta en el GC a la observada en California debido a que se alimentan de distintas especies de eufáusidos (*E. pacifica* y *T. spinifera* en California y *N. simplex* en Golfo de California) (Busquet-Vass, 2008). Es posible que en Noviembre del 2005 las bajas temperaturas registradas en el Alto Golfo, principalmente alrededor de las Grandes Islas, hayan sido causadas por la intensa mezcla de agua producida por corrientes de mareas y eventos de surgencia forzadas por los vientos (Álvarez-Borrego, 1983; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Álvarez-Borrego, 2002) que propiciaron elevadas concentraciones de clorofila y zooplancton con las que *B. physalus* estuvo altamente asociada en esta temporada. Ésta es una de las especies con mayor flexibilidad alimenticia dentro del grupo de los misticetos, siendo considerada como una especie eurífaga (Kawamura, 1980; Gambell, 1985), alternando entre presas temporal y espacialmente disponibles, una adaptación particularmente eficiente para mantener una población en el GC todo el año. La reducida correlación entre la abundancia de *B. physalus* y eufáusidos y biomasa zooplanctónica en la temporada de transición cálida-fría, posiblemente indica que en ésta época de relativa baja biomasa de eufáusidos, principalmente *N. simplex* (Brinton y Townsend, 1980; Brinton *et al.*, 1986; Lavaniegos *et al.*, 1989) (Fig. 10), condiciona a la ballena de aleta de alimentarse de otras presas

como cardúmenes de peces pelágicos menores (Jaume-Schinkel, 2004). Usualmente, *N. simplex* constituye más del 70% de la abundancia de eufáusidos en el Golfo de California, sin embargo en Enero 2007, la especie *Nematoscelis difficilis* y *N. simplex* tuvieron abundancias similares modificando sustancialmente la abundancia relativa en la composición de especies de eufáusidos (Martínez-Gómez com. pers). Ambas especies son parte de la dieta de la ballena de aleta en el suroeste del GC (Del Ángel-Rodríguez, 1997), por lo que en Enero 2007 las ballenas de aleta posiblemente pudieron depredar tanto a la especie nerítica con migración vertical relativamente más somera (*N. simplex*) o a la especie relativamente oceánica con migración vertical relativamente más amplia (*N. difficilis*), o ambas (aunque es posible que esto también ocurra en el caso de la ballena azul en esta temporada).

Las mayores densidades poblacionales de *N. simplex* ocurren en aguas comparativamente frías, preferentemente sobre la estrecha plataforma continental (nerítica) y alrededor de las islas (Brinton y Townsend, 1980), por lo que posiblemente las agregaciones densas de *N. simplex* atraigan a *B. physalus* a regiones costeras fuera de la ruta de el B/O El Puma (Ladrón de Guevara-Porras, 2007). El cambio de ámbito de distribución (costero-oceánico) de *B. physalus* en ambas temporadas muestra un patrón de distribución similar a lo previamente informado para invierno cuando la ballena de aleta tiende a dispersarse a lo largo del Golfo de California, mostrando un patrón de movimientos entre la zona sur y norte, pero con agrupaciones numerosas en la región norte (Rojas, 1984; Tershy *et al.*, 1990; Gendron, 1993; Enríquez-Paredes, 1996; Ladrón de Guevara-Porras, 2007). La región norte ha sido considerada como zona de crianza de la ballena de aleta debido al elevado número de avistamientos de madres con cría (Rojas, 1984) pero el presente análisis de MRPP mostró que no existe evidencia de esta regionalización. La versatilidad estacional en los hábitos alimentarios de *B. physalus* ha sido evidenciada mediante la comparación estacional de señales isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en piel, con una señal isotópica más elevada durante el verano (indicio de que se está alimentando de un nivel trófico comparativamente más alto como peces pelágicos menores como sardinas), mientras que el resto del año presenta una señal isotópica similar al de la ballena azul sugiriendo que se alimentan principalmente de zooplancton, especialmente eufáusidos (Jaume-

Schinkel, 2004; Jaume-Schinkel *et al.*, sometido). Sin embargo, Busquets-Vass (2008) encontró inesperadas elevadas variaciones regionales de $\delta^{15}\text{N}$ de *N. simplex*, en la ballena azul siendo significativamente más elevada en el Alto Golfo que en la región central del Golfo de California por lo que no se puede descartar que el incremento en $\delta^{15}\text{N}$ de *B. physalus* en verano hipotéticamente puede deberse a que se alimente de *N. simplex* con una señal isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ relativamente alta. Es evidente que aún se conoce poco sobre la trofodinámica y hábitos alimentarios de depredadores balaenopteridos y presas en el Golfo de California. Del Ángel-Rodríguez (1997) propuso la hipótesis de competencia interespecífica entre *B. physalus* y *B. musculus* cuando coinciden espacio-temporalmente en la región de la Bahía de La Paz debido al traslape en sus hábitos alimentarios. Así, al menos teóricamente, sería de esperar que sus requerimientos ecológicos fueran semejantes, sin embargo éste autor concluyó que ambas especies tienen un bajo traslape espacio-temporal con mayor probabilidad a evitar competencia interespecífica. Esto fue corroborado con el trabajo de Chávez-Andrade (2006) y con el presente estudio. Información obtenida *in situ* de la duración y profundidad de buceo en ambas especies de ballenas, en las costas de California, ha demostrado que tienen comportamientos de alimentación ligeramente distintas: *Balaenoptera musculus* tiende a realizar buceos de búsqueda de presas más profundos (~140 m) y de mayor duración (~7.8 min) que *B. physalus* (~97.9 m, 6.3 min) (Croll *et al.*, 2001) sugiriendo que ambas especies se alimentan a diferentes profundidades y posiblemente de diferentes capas de agregaciones de eufáusidos durante su migración vertical diaria. Éste mismo comportamiento de buceo, más prolongado y profundo por parte de la ballena azul, y de menor duración y profundidad de la ballena de aleta podría ocurrir dentro del Golfo de California con el fin de reducir la competencia interespecífica.

Existen notables diferencias en patrones de distribución vertical de especies eufáusidos donde *N. simplex* migra principalmente entre la superficie y los 150 m, mientras *N. difficilis* se distribuye entre los 50 y 250 m (Lavaniegos 1996, Gómez-Gutiérrez *et al.*, datos sin publicar). También es probable que *B. musculus* por ser estenófaga y mostrar mayor duración y profundidad de buceo sea más eficiente para encontrar agregaciones de eufáusidos como *Nematoscelis difficilis* a

diferencia de *B. physalus*. De acuerdo con Cox y Moore (1993) las especies con requerimientos alimenticios semejantes han desarrollado distintos hábitos y comportamientos que favorecen la partición del hábitat, ya sea a través del uso de los mismos recursos en diferentes temporadas o mediante la restricción espacial de las especies para reducir las interacciones de competencia. Es notable y un tanto paradójico que *B. physalus* aparentemente cambie de dieta en verano cuando la ballena azul no está presente en el Golfo de California (existe la posibilidad que sean cambios estacionales de la señal isotópica de eufáusidos) y muestra semejanza a los centros de distribución de eufáusidos en invierno cuando la ballena azul también está alimentándose de estos organismos en zonas aparentemente distintas. Brinton y Townsend (1980) mostraron una reducción en la abundancia de eufáusidos de la temporada fría a la temporada cálida que puede influenciar el cambio de alimentación de *B. physalus*. La separación espacial registrada en la distribución durante ambas temporadas de este estudio inferida de los resultados de los dos análisis de ordenación NMDS confirmaron que posiblemente ambas especies presentan un reducido traslape de hábitat durante la época de transición, inicio del invierno (este estudio) y finales de invierno-principios de la primavera (Chávez-Andrade, 2006). Así pues, la existencia de una segregación espacio-temporal atenuando la competencia interespecífica e inclusive intraespecífica por recursos alimentarios, podría maximizar el éxito reproductivo al satisfacer los requerimientos para el metabolismo basal de los individuos de cada especie (Barash, 1982).

7.3. Hábitat de *Delphinus* spp.

Es relevante resaltar que este es el primer estudio realizado en una amplia región del GC que aborda aspectos de hábitat del delfín común (*Delphinus* spp.). Uno de los trabajos de investigación más recientes incluyó censos durante verano y otoño en aguas de California (EUA), la costa occidental de Baja California y el GC, cubriendo gran parte de su ámbito de distribución (Mangels y Gerrodette, 1994) para estimar abundancias de las dos especies de delfines comunes (*Delphinus delphis* y *Delphinus capensis*), en ese entonces recientemente

reconocidas como especies distintas (Rosel *et al.* 1994). Ambas especies de delfín común se encuentran principalmente en aguas tropicales, aunque también en California, siendo considerados como delfines de afinidad oceánica (Smith *et al.*, 1986). Estos son algunos de los cetáceos observados más frecuentemente en aguas de la costa occidental de Baja California y el Golfo de California (Urbán y Aguayo, 1985; Mangels y Gerrodette, 1994) y California (Barlow y Gerrodette, 1996) usualmente formando manadas con numerosos individuos. Los patrones de distribución del delfín común en el Pacífico Oriental Tropical (POT) han sido estudiados, al igual que el presente estudio, principalmente por medio de avistamientos a lo largo de transectos lineales (Evans, 1982; Leatherwood *et al.*, 1982; Perrin *et al.*, 1983, 1985) haciendo, hasta cierto punto, comparativos los resultados de estos estudios con los de la presente tesis, aunque en esos estudios se hayan desviado a cada avistamiento para verificar las especies.

Con base en análisis genéticos, Rosel *et al.* (1994) distinguieron como especies distintas al delfín común de rostro corto (*D. delphis*), que es relativamente más abundante y con una distribución más amplia y al delfín de rostro largo (*D. capensis*) que tiene una distribución más restringida y menos abundante. Entre otros trabajos, existen algunos estudios sobre las diferencias con respecto a la distribución y al hábitat para cada una de las especies en California (EUA) (Barlow, 1995; Barlow y Gerrodette, 1996) y la costa occidental de Baja California (Valles-Jiménez, 1998) durante Febrero y Junio de 1994, aunque no se encontró evidencia de diferencias significativas en la distancia a la costa entre ambas especies. Estas observaciones contrastan con la separación entre *D. capensis* como especie nerítica y *D. delphis* como una especie de aparente distribución oceánica definida por Perrin (1984) y Dizon *et al.* (1994). De acuerdo con Valles-Jiménez (1998), las principales diferencias de hábitat entre ambas especies están definidas por la profundidad, encontrando a *D. delphis* asociado a un ambiente de mayor profundidad y menos productivo con altos niveles de feopigmentos, baja temperatura y salinidad, así como bajos niveles de clorofila *a* y biomasa zooplanctónica (hábitat oceánico). Por el contrario, *D. capensis* estuvo asociada a un ambiente comparativamente menos profundo y más productivo con bajos niveles de feopigmentos, temperatura y salinidad altas y niveles altos de clorofila-*a* y biomasa zooplactónica (hábitat costero).

Una de las características más notables de los dos análisis multivariados NMDS realizados en la presente tesis fue la evidente separación del hábitat del delfín común (*Delphinus* spp.) con respecto a las de los grandes cetáceos (posiblemente sesgado por el elevado número de individuos que componen sus manadas), asociándose en Noviembre del 2005 a zonas profundas, con bajos porcentajes de saturación de oxígeno (PSO) y concentraciones relativamente bajas de chl a_{-4m} , mientras que en Enero del 2007 estuvieron asociados a bajas TM_{-4m} , PSO_{-4m} , chl a_{-4m} y Tz_{-4m} , en zonas poco profundas, altas concentraciones de BZ y concentraciones de eufáusidos. Contrario a su afinidad típicamente oceánica, en ambos cruceros oceanográficos las manadas de mayor tamaño fueron avistadas cerca de las costas. Aunque *Delphinus* spp. no tuvo cambios estacionales significativos en la abundancia y distribución espacio-temporal en el Pacífico Oriental Tropical (Reilly, 1990), aparentemente existen cambios interanuales significativos relacionados principalmente con la variabilidad ambiental a escalas propias del ENSO (El Niño Oscilación del Sur) mostrando que en la parte media sur de la península de Baja California *Delphinus* spp. está presente en años considerados “fríos” (La Niña) y reduciendo su ámbito de distribución en años más “cálidos” (Reilly y Fiedler, 1994). La reducida estacionalidad detectada en el POT contrasta con los pronunciados cambios estacionales en la distribución del delfín común en California (EUA) (Bree y Purves, 1972; Evans, 1982). En el Golfo de California se detectaron notables variaciones espacio temporales entre Noviembre 2005 y Enero 2007 debido a que *Delphinus* spp. se distribuyó más ampliamente durante la temporada de transición cálida-fría (Noviembre 2005) que durante el inicio de temporada fría (Enero 2007). Los movimientos de distribución de *Delphinus* spp. podrían ser inducidos por el desplazamiento de sus presas micronectónicas (mictófidos y peces pelágicos menores) más que por el efecto directo de la asociación de éstos con las condiciones ambientales abióticas (Banks y Brownell, 1969; Kenny y Winn, 1986; Selzer y Payne, 1988), por ello su distribución y abundancia puede cambiar en menor medida con el tiempo en respuesta a los cambios de la distribución en sus hábitats y presas predilectas (Fiedler y Reilly, 1994, Bearzi, 2005). La percepción actual es que aparentemente los delfines no tienen migraciones estacionales bien definidas o son prácticamente inexistentes en comparación con la magnitud de las

migraciones realizadas por las ballenas (Gaskin, 1982). Por lo tanto la caracterización del hábitat de estos organismos es altamente compleja. Sin embargo, existe evidencia de mediciones de la concentración de Cd en *Delphinus delphis* de la bahía de Biscay en la que los animales que con hábitat predominantemente oceánico tienen concentraciones significativamente más altas que los animales que habitan en zonas costeras, interpretada como resultado de espectro trófico distinto entre el hábitat costero y el oceánico (Lahaye *et al.*, 2005).

En estudios previos se ha propuesto que el tamaño de las manadas de *Delphinus* spp. es un criterio para inferir el comportamiento alimenticio y de la disponibilidad de presas en el ecosistema debido a que en California se ha encontrado una asociación entre el decremento en promedio del tamaño de las manadas de delfín común como una respuesta estratégica a la dispersión de los cardúmenes de anchovetas (*Engraulis mordax*) durante primavera-verano, mostrando que las manadas grandes de delfines indicaban una mayor disponibilidad de alimento. Mediante una aproximación de la hidroacústica se detectaron regiones con alta densidad de peces pelágicos menores (sardinas y anchovetas) en ambos cruceros oceanográficos (Fig. 17). Al haber cardúmenes lo suficientemente grandes, los delfines se congregan para cazarlos, por el contrario cuando las presas no son abundantes los delfines se segregan para navegar en busca de ellas (Evans, 1982; Hui, 1979). El tamaño de las manadas dentro del Golfo de California en este estudio fue significativamente mayor en Noviembre del 2005, así como también su distribución fue más amplia que en Enero del 2007, lo que podría sugerir que en la temporada de transición había mayor disponibilidad de alimento que a principios de la temporada fría.

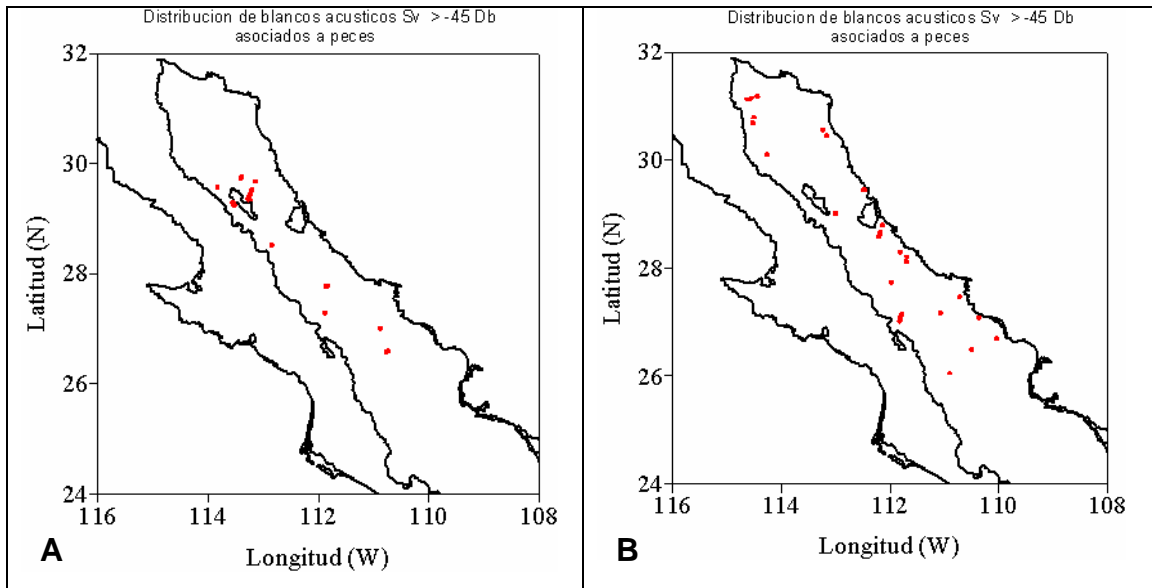


Figura 17. Distribución espacio temporal de Volumen de dispersión (Sv) >-45 dB, característico de cardúmenes abundantes de peces pelágicos menores (Robinson y Gómez-Gutiérrez, 2007) registradas durante los cruceros oceanográficos de Noviembre 2005 (A) y Enero 2007 (B) (Información y mapas proveídos por Dr. Carlos Robinson Mendoza ICMYL-UNAM).

En el presente estudio no fue posible identificar la especie de los delfines comunes, puesto que el barco nunca se desvió del transecto para distinguir entre las dos especies debido a la naturaleza multidisciplinaria de los cruceros oceanográficos realizados. Sin embargo, en el censo más reciente Mangel y Gerrodette (1994), durante verano-otoño de 1993 (julio 28 – noviembre 6), observaron que *D. delphis* fue la especie más frecuentemente observada principalmente en California (EUA) y a lo largo de la costa occidental de la península de Baja California mientras que *D. capensis* con solo algunos avistamientos dentro del GC. Ésta última tuvo un centro de distribución en el GC y en la costa occidental de Baja California, lo cual se demarcó también al estimar las poblaciones en el GC de 61,976 ($N_{inf} = 31,295 - N_{sup} = 154$,) para *D. capensis* y 28,681 ($N_{inf} = 14,287 - N_{sup} = 72,316$) para *D. delphis* (Gerrodette y Palacios, 1996), con lo cual se confirmaba que *D. capensis* es más abundante que *D. delphis* en el Golfo de California. Estudios previos indican que es poco frecuente la presencia de manadas mixtas de *D. delphis* y *D. capensis*, aún en poblaciones simpátricas (Evans, 1982; Heyning y Perrin, 1994; Valles-Jiménez, 1998; Bearzi, 2005). Con base en estos estudios se puede inferir que la especie de delfín común más abundante durante Noviembre 2005 y Enero 2007 probablemente fue *D.*

capensis. Por otra parte, las características que presenta el ambiente coinciden con la descripción de hábitat descrito por Valles-Jiménez (1998) para esta especie, por lo que es probable que sea la misma especie avistada en este estudio.

El análisis multivariado (NMDS y MRPP) ha sido muy útil y novedoso para caracterización de hábitat de los cetáceos (Palacios, 2003; Chávez-Andrade, 2006; este estudio) por lo que sería recomendable realizar censos y registros multivariados de condiciones ambientales en las diferentes estaciones del año (falta verano) con el fin de tener una idea más completa del comportamiento de la comunidad de los cetáceos en el Golfo de California a lo largo del año y en general, de las aguas territoriales de México ya que su efectividad para distinguir y caracterizar hábitat específicos ha sido probado nuevamente en este estudio. Así se podría empezar a realizar modelos conceptuales que permitan describir y predecir los movimientos de los mamíferos marinos en su hábitat dependiendo de la temporada en la que se encuentren que permitan implementar normas adecuadas para el manejo y conservación de dichos hábitats y sus poblaciones.

8. CONCLUSIONES

- ☞ Durante el periodo de transición cálido-frío (Noviembre 2005) y periodo frío (Enero 2007) se observó la segregación espacial en la distribución y abundancia relativa de los cetáceos más comunes: *Physeter macrocephalus*, *Balaenoptera musculus*, *B. physalus* y *Delphinus* spp., en el Golfo de California.

- ☞ En Noviembre de 2005 la mayor proporción de la variabilidad de la estructura de la comunidad de cetáceos estuvo definida principalmente por factores abióticos (la turbidez, profundidad y concentración de oxígeno) coherente con la mayor actividad de mesoescala y gradientes latitudinales, mientras que en Enero del 2007 fue definida principalmente por las variables bióticas (clorofila a y biomasa zooplanctónica) que tuvieron mayor asociación o influencia con la fluctuación de la comunidad de cetáceos debido a la menor variabilidad latitudinal y condiciones ambientales relativamente más homogéneas.

- ☞ La estructura de la comunidad de cetáceos fue estadísticamente no diferente entre ambas temporadas. Ésta similitud se debe posiblemente al reducido número de especies avistadas indicando que la estructura de la comunidad fue estable durante el periodo de transición cálido-frío 2005 y periodo frío 2007.

- ☞ *Balaenoptera musculus* y *Physeter macrocephalus* estuvieron estrechamente asociadas a regiones con alta turbidez_{4m}, altas profundidades y baja concentración biomaza zooplanctónica en Noviembre 2005, mientras que en Enero 2007 la ballena azul estuvo asociada a zonas poco profundas con relativa baja concentración de biomasa zooplacntónica y abundancia de eufáusidos, temperaturas cálidas, porcentaje de saturación

de oxígeno_{-4m}, turbidez_{-4m} y concentración de clorofila *a*_{-4m} ligeramente altos, mientras el cachalote estuvo asociado a hábitat profundos, temperaturas_{-4m}, porcentaje de saturación de oxígeno_{-4m}, concentración de clorofila *a*_{-4m} y turbidez_{-4m} bajos

- ☞ *Balaenoptera physalus* habitó principalmente en zonas poco profundas con porcentaje de saturación de oxígeno_{-4m} y concentración de clorofila *a*_{-4m} elevados durante Noviembre 2005 y en Enero 2007 ésta especie tendió a presentarse igualmente en regiones con poca profundidad pero temperaturas_{-4m} y porcentaje de saturación de oxígeno_{-4m} bajas, concentraciones de clorofila *a*_{-4m} y Tz_{-4m} ligeramente altas y concentraciones de biomaza zooplanctónica y abundancia de eufáusidos altas.

- ☞ *Delphinus* spp. presentó un hábitat distinto al de los otros cetáceos habitando, en Noviembre 2005, en zonas relativamente profundas, con porcentaje de saturación de oxígeno_{-4m} y concentración de clorofila *a*_{-4m} bajos, mientras que en Enero 2007 a temperaturas_{-4m}, porcentaje de saturación de oxígeno_{-4m}, concentración de clorofila *a*_{-4m} y turbidez_{-4m} bajos, concentraciones de biomaza zooplanctónica y abundancia de eufáusidos altas y en zonas ligeramente profundas.

- ☞ La reducida o no detectable competencia interespecífica entre *B. physalus* y *B. musculus* fue nuevamente confirmada debido a que éstas tienden a ocupar distintas zonas en el Golfo de California durante la temporada de transición cálida-fría y fría. Por el contrario *P. macrocephalus* y *B. musculus* presentaron un traslape en sus hábitat, probablemente debido a que fueron avistadas en las mismas regiones particularmente en la temporada de transición cálida-fría (Noviembre 2005).

9. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Borrego, S. 2002. Physical oceanography, 1-25. En: Case, T., M. Cody y E. Ezcurra (Eds.) *Island Biogeography of the Gulf of California*. Oxford University Press.
- Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. En: B. H. Ketchum (ed.). *Ecosystems of the world 26. Estuaries and enclosed seas*, Elsevier Scientific, New York.
- Álvarez-Borrego, S. y J. R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California, 555-567. En: Dauphin, J.P. y B.R.T, Simoneit (Eds.) *The gulf and peninsular province of the Californias*. Am. Ass. Petr. Geol. Memoir.
- Álvarez-Borrego, S. y R. A. Schwartzlose. 1979. Masas de agua del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 6 (1 y 2):43-63.
- Álvarez-Borrego, S., B. P. Flores-Báez y L. A. Galindo-Bect. 1975. Hidrología del Alto Golfo de California II. Condiciones durante invierno, primavera y verano, *Ciencias Marinas*, 2 (1):21-36.
- Badán-Dangon, A., C. J. Koblinsky y T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Acta Oceanológica*, 8 (1):13-22.
- Banks, R. C., y R. L. Brownell. 1969. Taxonomy of the common dolphins of the eastern Pacific Ocean. *Journal Mammalogy*. 50:262-271.
- Barash, D. P. 1982. *Sociobiology and behaviour*. 2nd Ed. Elsevier, 426 p.
- Barlow, J. 1995. The abundance of cetaceans in California waters. Part 1: Ship surveys in summer and fall of 1991. *Fisheries Bulletin*. 93:1-14.
- Barlow, J., y T. Gerrodette. 1996. Abundance of cetaceans in California waters based on 1991 and 1993 ship surveys. NOAA Technical Report NMFS. 233, 15 p.
- Baumgartner, M. F. y B. R. Mate. 2005. Summer and fall habitat of North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) inferred from satellite telemetry. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62:527-543.
- Baumgartner, M. F., K. D. Mullin, L. N. May y T. D. Leming. 2001. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 99:219-239.

- Bearzi, M. 2005. Habitat partitioning by three species of dolphins in Santa Monica Bay, California. *Bull. Southern California Acad. Sci.* 104(3):113-124.
- Beers, J. R. 1976. Volumetric methods. En H. F. Steedman (ed.) zooplankton fixation and preservation. Monographs on oceanographic methodology No. 4, UNESCO press, Paris.
- Bérubé, M., J. Urbán, A. Dizon, R. L. Brownell y P. J. Palsboll. 2002. Genetic identification of small and highly isolated population of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, Mexico. *Conserv. Genet.* 3:183-190.
- Bérubé, M., A. Aguilar, D. Dendanto, F. Larsen, G. Notarbartolo-Di-Sciara, R. Sears, J. Sigurjónsson, J. Urbán y J. Palsboll. 1998. Population genetic structure of North Atlantic, Mediterranean sea and Sea of Cortez fin whales, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus 1758): analysis of mitochondrial and nuclear loci. *Mol. Ecol.* 7:585-599.
- Bray, N. A., y J. M. Robles. 1991. Physical oceanography of the Gulf of California. En: J. P. Dauphin y B. R. T. Simoneit (eds.). 511-553 pp. The gulf and peninsular province of the California. American Association of Petroleum Geologist, Memoir 47 p.
- Brinton, E. y A. W. Townsend. 1980. Euphausiids in the Gulf of California. The 1957 Cruises. *CalCOFI Rep.* 21:211-236.
- Brinton, E., A. Fleminger, D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 27:228-266.
- Brownell, R. L. 1986. Distribution of the vaquita *Phocoena sinus* in Mexican waters. *Mar. Mamm. Sci.* 2: 299–305.
- Brusca, R. C., L. T. Findley, P. A. Hostings, M. E. Hendrickx, J. Torre-Cosio, y A. M. van der Heiden. En prensa. Macro faunal biodiversity in the Gulf of California.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, y J. L. Laake. 1993. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, London. 446 p.
- Busquet-Vass, G. 2008. Variabilidad de isótopos estables de nitrógeno y carbono en piel de ballena azul (*Balaenoptera musculus*). Tesis de Maestría. Instituto

- Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California sur, México, 85 p.
- Calambokidis, J., G. H. Steiger, J. C. Cabbage, K. C. Balcomb, C. Ewald, S. Kruse, R. Well & R. Sears, 1990. Sighting and movements of blue whales off central California 1986-1988 from photoidentification of individuals. Reports to the International Whale Commission (special issue): 343-348.
- Carriquiry, J. D., y A. Sánchez. 1999. Sedimentation in the Colorado River Delta and Upper Gulf of California after nearly a century of discharge loss. *Marine Geology* 158:125-145.
- Caughley, G. & A. Gunn. 1995. Conservation biology in theory and practice. Massachusetts. Blackwell Science
- Chávez-Andrade, M. 2006. Caracterización del hábitat de los grandes cetáceos del Golfo de California durante la temporada fría de 2005. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California sur, México, 84 p.
- Cox, C. B. y P. D. Moore. 1993. Biogeography: an ecological and evolutionary approach. 5th edition. Blackwell Science, 326 p.
- Croll, D. A., B. Marinovic, S. Benson, F. P. Chavez, N. Black, R. Ternullo y B. R. Tershy. 2005. From wind to whales: trophic links in a coastal upwelling system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 289:117-130.
- Croll, D. A., A. Acevedo-Gutiérrez, B. R. Tershy y J. Urbán-Ramírez. 2001. The diving behavior of blue and fin whales: is dive duration shorter than expected based on oxygen stores? *Comp. Biochem. Physiol. A.* 129:797-809.
- Davis, R. W., N. Jaquet, D. Gendron, U. Markaida, G. Bazzino y W. Gilly. 2007. Diving behavior of sperm whales in relation to the behavior of a major prey species, the jumbo squid, in the Gulf of California, Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*
- Davis, R. W., J. G. Ortega-Ortiz, C. A. Ribic, W. E. Evans, D. C. Biggs, P. H. Ressler, R. B. Cady, R. R. Leben, K. D. Mullin y B. Würsig. 2002. Cetacean habitat in the northern oceanic Gulf of Mexico. *Deep-Sea Res. I.* 49:121-142.
- Davis, R. W., G. S. Fargion, L. N. May, T. D. Leming, M. F. Baumgartner, W. E. Evans, L. J. Hansen y K. Mullin. 1998. Physical habitat of cetaceans along the

- continental slope in the north-central and western Gulf of Mexico. *Mar. Mamm. Sci.* 14:490- 507.
- Del Ángel-Rodríguez J. A. 1997. Hábitos alimentarios y distribución espaciotemporal de los rorcuales común (*Balaenoptera physalus*) y azul (*Balaenoptera musculus*) en la Bahía de la Paz, B.C.S., México. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur, México, 73 pp.
- 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. 119,21 p.
- Enríquez-Paredes, L. M. 1996. Ocurrencia, movimientos, estructura social y tamaño de las agregaciones del rorcual común *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758) en el Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México, 59 p.
- Etnoyer, P., D. Canny, B. R. Mate, L. E. Morgan, J. G. Ortega-Ortiz y W. J. Nichols. 2006. Sea-surface temperature gradients across blue whale and sea turtle foraging trajectories off the Baja California Peninsula, Mexico. *Deep-Sea Res. II.* 53: 340-358.
- 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.
- Evans, W. E. 1982. Distribution and differentiation of stocks of *Delphinus delphis* Linnaeus in the northeastern Pacific. En: *Mammals in the sea*, Vol. 4, 45-66 p. FAO, Rome.
- Ferguson, M. C. 2005. Cetacean population density in the Eastern Pacific Ocean: analyzing patterns with predictive spatial models. Ph.D. Thesis. University of California, San Diego. 203 p.
- Fiedler, P. C. 2002. Environmental change in the Eastern Tropical Pacific Ocean: review of ENSO and decadal variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 244:265-283.
- Fiedler, P. C. y V. A. Philbrick. 2002. Environmental change in the Eastern Tropical Pacific Ocean: observations in 1986-1990 and 1998-2000. SWF Science Center Administrative Report LJ-02-15, available from National Marine

- Fisheries Service, SWF Science Center, NMFS, P.O. Box 271, La Jolla, California 92038. 18 p.
- Fiedler P. C., S. B. Reilly, R.P. Hewitt, D. Demer, V. A. Philbrick, S. Smith, W. Armstrong, D. A. Croll, B. R. Tershy y B. R. Mate. 1998. Blue whale habitat and prey in the California Channel Islands. *Deep-Sea Res.* 45:781-1801.
- Fiedler, P. C. y S. B. Reilly. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. II: effects on abundance estimated from tuna vessel sightings, 1975 -1990. *Fisheries Bulletin.* 92:451-463.
- Flores-Ramírez, S., J. Urbán R., G. Villarreal-Chávez, y R. Valles-Jiménez. 1996. Cambios espaciales y temporales de la estructura comunitaria de los cetáceos en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México (1988-1991). *Ciencias Marinas*, 22(2):151-173.
- Gambell, R. 1985. Fin whale, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758), 171-192 En: Ridgway, S.H. y R. Harrison (Eds.) *Handbook of marine mammals.* Vol. 3 The sirenians and baleen whales. Academic Press Inc.
- Gaskin, D. E. 1982. *The ecology of whales and dolphins.* Heinemann, London. 459 p.
- Gendron, L. D. 2002. Ecología poblacional de la ballena azul, *Balaenoptera musculus*, de la península de Baja California. Tesis de Doctorado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, México, 112 p.
- Gendron, D. 1993. Índice de avistamientos y distribución del género *Balaenoptera* en el Golfo de California, México, durante Febrero, Marzo y Abril 1988. *Rev. Inv. Cient. UABCS (Núm. Esp. SOMEMMA 1)* 21-30.
- Gendron, D. 1992. Population structure of daytime surface swarms of *Nyctiphanes simplex* (Crustacea:Euphausiacea) in the Gulf of California, Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 87:1-6.
- Gendron, L. D. 1990. Relación entre la abundancia de eufáusidos y de ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) en el Golfo de California. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, La Paz, Baja California Sur, México, 79 p.
- Gendron, D., S. Aguñiga & J. D. Carriquiry. 2001. $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ in skin biopsy samples: a note on their applicability for examining the relative trophic level in three rorqual species. *J. Cetacean. Res. Manage.* 3(1):41-44.

- Gerrodette, T. y D. M. Palacios. 1996. Estimates of cetacean abundance in EEZ of the eastern tropical pacific. NOAA Administrative Report NMFS. LJ-96-10, 15 p.
- Gilbert, J. Y. y W.E. Allen. 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the "E.W. Scripps" in 1939 and 1940. J. Mar. Res. 5:89-110.
- Gilly, W. F., U. Markaida, C. H. Baxter, B. A. Block, A. Boustany, L. Zeidberg, K. Reisenbichler, B. Robinson, G. Bazzino y C. Salinas. 2006. Vertical and horizontal migrations by the jumbo squid *Dosidicus gigas* revealed by electronic tagging. Mar. Ecol. Prog. Ser. 324:1-17.
- Gómez-Gutiérrez, J. y C. J. Robinson. 2006. Tidal current transport of epibenthic swarms of the euphausiid *Nyctiphanes simplex* in a shallow, subtropical bay on Baja California peninsula, México. Marine Ecology Progress Series, 320:215-231.
- Gregr, E. y A. Trites. 2001. Predictions of critical habitat for five whale species in the waters of coastal British Colombia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58:1265-1285.
- Guerrero, R. M. E. 2005. Estado actual de las grandes ballenas en el Golfo de California. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur., México, 321 p.
- Hamazaki, T. 2002. Spatiotemporal prediction models of cetacean habitats in the Midwestern North Atlantic Ocean (From Cape Hatteras, North Carolina, U.S.A. to Nova Scotia, Canada). Mar. Mamm. Sci. 18(4):920-939.
- Heyning, J. E. y W. F. Perrin. 1994. Evidente for two species of common dolphins (Genus *Delphinus*) from the eastern North Pacific. Contribute Natural History Museum. Los Angeles Co. 442, 35 p.
- Hidalgo-González, R. M., Alvarez-Borrego, S. 2004. Total and new production in the Gulf of California estimated from ocean color data from the satellite sensor SeaWiFS. Deep-Sea Res. II, 51:739-752.
- Hidalgo-González, R. M., Alvarez-Borrego, S. 2000. Chlorophyll profiles and the water column structure in the Gulf of California. Ocenol. Acta. 24(1):19-28.
- Hui, A. C. 1979. Undersea topography and distribution of dolphins of the genus *Delphinus delphis* in the southern California Bight. Journal. Mammalogy. 60(3):521-527.

- Hummert, C., M. Ritscher, K. Reinhardt y B. Luckas. 1997. Analysis of the characteristic PSP profiles of *Pyrodinium bahamense* and several strains of *Alexandrium* sp. by HPLC based on ion-pair chromatographic separation, post-column oxidation, and fluorescence detection. *Chromat.*, 45: 312-316.
- Jaquet, N. 1996. How spatial and temporal scales influence understanding of sperm whale distribution: a review. *Mammal Rev.* 26(1):51-65.
- Jaquet, N., D. Gendron y A. Coakes. 2003. Sperm whales in the Gulf of California: residency, movements, behavior and the possible influence of variation in food supply. *Mar. Mamm. Sci.* 19:545-562.
- Jaquet, N. y D. Gendron. 2002. Distribution and relative abundance of sperm whales in relation to key environmental features, squid landings and the distribution of other cetacean species in the Gulf of California, Mexico. *Mar. Biol.* 141:591-601.
- Jaume-Schinkel, M. S. 2004. Hábitos alimentarios del rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur, México, 64 p.
- Jaume-Schinkel, S., J. Urbán-Ramírez, S. Aguíñiga-García y D. Gendron. Sometido. Seasonal shift in diet of the Gulf of California fin and Bryde's whales confirmed by stable nitrogen isotope. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*
- Kawamura, A. 1980. A review of food balaenopterid whales. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.* 32:155-197.
- Kenney, R. D. y H. E. Winn. 1986. Cetacean high-use habitats of the northeast US continental shelf. *Fisheries Bulletin.* 84:345-357.
- Ladrón de Guevara-Porras, P. 2007. Importancia de los eufáusidos en la ecología alimentaria del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en canal de ballenas y bahía de los ángeles, Baja California. Tesis de doctorado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, México.
- Lahaye, V., P. Bustamante, J. Spitz, W. Dabin, K. Das, G. J. Pierce, F. Caurant. 2005. Long-term dietary segregation of common dolphins *Delphinus delphis* in the Bay of Biscay, determined using cadmium as an ecological tracer. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 305: 275–285

- Lavaniegos, B. E., 1996. Vertical distribution of euphausiid life stages in waters adjacent to Baja California. *Fishery Bulletin* 94, 300–312.
- Lavaniegos, E. B., Gómez-Gutiérrez J, Lara-Lara R, Hernández-Vázquez S. 1998. Long-term changes of zooplankton volumes in the California Current System.- The Baja California region. *Mar Ecol Progr Ser* 169:55-64
- Lavaniegos-Espejo, B., J. L. Lara y E. Brinton. 1989. Effects of the 1982-83 El Niño event on the euphausiid populations of the Gulf of California. *Calif. coop. otean. Fish. Invest. Rep.* 30:73-87.
- Lavín; M. F., V. M. Godínez y L. G. Álvarez. 1998. Inverse-estuarine features of the upper Gulf of California. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science* 47:769-795
- 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 Repon NMFS. 444, 245 p.
- Lepley, L. K. S. P. van der Haar., J. R. Hendrickson y G. Calderon-Riveral. 1975. Circulation in the northern Gulf of California from orbital photographs and ship investigations. *Ciencias Marinas*, 2(2): 86-93.
- Maluf, L. Y. 1983. Physical oceanography. En: T. J. Case and M. L. Cody (eds.) 26-45 pp. *Island Biogeography in the sea of Cortez*. University of California Press, Berkeley.
- Mangels, K. F. y T. Gerrodette. 1994. Report of cetacean sighting tropical Pacific Ocean and the Gulf of California aboard the NOAA ships Mc Arthur and David Starr Jordan July-November 6, 1993 NOAA-TM-NMFS-SWFSC-211, 88 p.
- Marinone, S. G. 2007. "Why does the Ballenas Channel have the coldest SST in the Gulf of California?" *Geophys. Res. Letters*, 34 (2).
- Markaida, U. y O. Sosa-Nishizaki. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda:Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* 83:507-522.
- McCune, B., J. Grace. y D. Urban. 2002. Analysis of ecological communities. MjM software desings. Gleneden Beach Oregon, USA 300 p.
- Mejía-Acosta, S. J. 2003. Dieta de la ballena azul *Balaenoptera musculus* (Cetacea:Balaenopteridae) en aguas adyacentes a la península de Baja California, con base en el análisis del contenido fecal. Tesis de licenciatura,

- Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur.
57 p.
- Mittermeier, R. A.; P. Robles Gil; C. Goettsch Mittermeier. 1997. Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo. CEMEX, Canadá, 503 p.
- Molina-Cruz, A. 1984. Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. An. Inst. Cienc. Mar. Limnol.
- Moore, S.E., J. R. Davies y M. E. Dahlheim. 2002. Blue whale habitat associations in the Northwest Pacific: analysis of remotely-sensed data using a geographic information system. *Oceanography* 15(3):20-25.
- Murase, H., K. Matsuka, Y. Ichii y S. Nishiwaki. 2002. Relationship between the distribution of euphausiids and baleen whales in the Antarctic (35°E-145°W). *Polar Biol.* 25:135-144.
- Palacios, D. M. 2003. Oceanographic conditions around the Galápagos Archipelago and their influence on cetacean community structure. Ph.D. Thesis. Oregon State University. 173 p.
- Parker, R. H. 1964. Zoogeography and ecology of some macroinvertebrates, particularly mollusk, in the Gulf of California and the continental slope off México. *Videnskabelige Meddelelser fra den naturhistoriske for ening i kjobenhavn* 126, 1-178.
- Pegau W. S., E. Boss y A. Martínez. 2002. Ocean color observations of eddies during the summer in the Gulf of California. *Geophys. Res. Lett.* 9:1-3
- Perrin, W. F. 1984. Patterns of geographical variation in small cetaceans. *Acta Zoologica Fennica.* 172:137-140.
- Perrin, W. F., M. D. Scott, G. J. Walker y V. L. Cass. 1985. Review of geographical stocks of tropical dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern Pacific. NOAA Technical Report NMFS. 28, 28 p.
- Perrin, W. F., M. D. Scott, 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. NOAA Technical Report NMFS. 38, 65 p.
- Redfern, J. V., M. C. Ferguson, E. A. Becker, K. D. Hyrenbach, C. Good, J. Barlow, K. Kaschner, M. F. Baumgartner, K. A. Forney, L. T. Ballance, P. Fauchald, P. Halpin, T. Hamazaki, A. J. Pershing, S. S. Qian, A. Read, S. B. Reilly, L. Torres, and F. Werner. 2006. Techniques for cetacean-habitat modeling: A review. *Marine Ecology Progress Series* 310:271-295.

- Reeves, R. R., B. D. Smith, E. A. Crespo y G. Notarbartolo di Sciara. 2003. 2002-2010 Conservation action plan for the world's cetaceans dolphin, whales and porpoises, IUCN/SSC Cetacean Specialist Group, Gland, Switzerland y Cambridge, U. K., 139 pp.
- Reilly, S. B. 1990. Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in the Eastern Tropical Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66:1-11.
- Reilly, S. B. y P. C. Fiedler. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. 1: Research vessel survey, 1986-1 990. *Fisheries Bulletin.* 92:434-450.
- Robinson, C. J., S. Gómez-Aguirre, J. Gómez-Gutiérrez. 2007. Pacific sardine behaviour related to tidal current dynamics in Bahía Magdalena, México. *J. Fish Biol.* 71:1-19.
- Roden, G. I. 1964. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pacific Science,* 12(1):21-45.
- Roden, G. I. y G. W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *J. Mar. Res.* 18(1):10-35.
- Roemmich, D., J. A. McGowan 1995a. Climatic warming and the decline of zooplankton in the California Current. *Science* 267:1324-1326.
- Roemmich, D., J. A. McGowan 1995b. Sampling zooplankton:correction. *Science* 268:352-353.
- Rojas, L. 1984. Presencia y distribución del rorcual común, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758) (Cetacea:Balaenopteridae) en el Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. 157 p.
- Rosel, P. E., A. E. Dizon y J. E. Heyning. 1994. Genetic analysis of sympatric morphotypes of common dolphins (Genus *Delphinus*). *Marine Biology.* 119:159 – 167
- Round, F. E. 1967. The phytoplankton of the Gulf of California. Part I. Its composition, distribution, and contribution to the sediments. *J. Exp. Marine Biol. Ecol.* 1:76-97.
- Ruíz-Cooley, R. I., D. Gendron, S. Aguñiga, S. Mesnick y J.D. Carriquiry. 2004. Trophic relationships between sperm whales and jumbo squid using stable isotopes of C and N. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 277:275-283.

- Rusnak, G. A., R. L. Fisher & F. P. Shepard. 1964. Bathymetry and faults of the Gulf of California. En: Van Andel, Tj. H. & G. G. Shor (Ed.) Marine geology of the Gulf of California. A symposium: AAPG Memoir 3:59-75.
- Santamaría-del-Angel, E. y S. Álvarez-Borrego. 1994. Gulf of California biogeographic regions base don coastal zone color scanner imagery. J. Geophys. Res. 99(C4):7411-7421.
- Schoenherr, J. R. 1991. Blue whales feeding on high concentrations of euphausiid around Monterrey submarine canyon. Can. J. Zool. 69:583-594.
- Selzer, L. A., y P. M. Payne. 1988. The distribution of white-sided (*Lagenorhynchus mutus*) and common dolphins (*Delphinus delphis*) VS. environmental features of the continental shelf of the northeastern United States. Marine Mammals Science. 4(2): 141-153.
- SEMARNAT. 2001. Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006. SEMARNAT, 171 p.
- Sims, V. W. y V. A. Quayle. 1998. Selective foraging behavior of basking sharks on zooplankton in a small-scale front. Nature 393:460-464.
- Smith, R. C., P. Dustan, D. Au, K. S. Baker y E. A. Dunlap. 1986. Distribution of cetaceans and sea surface chlorophyll concentrations in the California Current. Marine Biology. 91:385-402.
- Smith, P. E. y S. Richardson. 1979. Técnicas modelos para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Doc. Tec. de Pesca 175:1-107.
- Tershy, B. 1992. Body size, habitat use and social behavior of *Balaenoptera* whales in the Gula of California. J. Mammal. 73(3):477-486.
- Tershy, B. R., D. Breese, D. y C. Strong. 1990. Abundance, seasonal distribution and population composition of balaenopterid whales in the Canal de Ballenas, Gulf of California, Mexico. Rep. Int. Whal. Commn. 12:369-375.
- Thomson, D. A., L. T. Findley y A. N. Kerstitch. 1979. Reef fishes of the Gulf of California. John Wiley and Sons, New York, 302 p. (Revised edition, 2000, University of Texas Press, Austin).
- Torres-Orozco, E., 1993: Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, México. 80 p.,
- 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.

- Valles, J. R. 1998. Abundancia y distribución de *Delphinus delphis* y *D. capensis* en la costa occidental de la península de Baja California. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur, México, 82 p.
- van Bree, P. J. H., y P. E. Purves. 1972. Remarks on the validity of *Delphinus baírdii* (Cetacea:Delphinidae). *Journal Mammalogy*. 53:372-374.
- Walter, B. W. 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. *Systematic Zoology*. 9(3-4):123.133.
- Yu, R.C., C. Hummert., B. Luckas., P. Qian y M.J. Zhou. 1998. A modified HPLC method for analysis of PSP toxins in algae and shellfish from China. *Chromat.*, 48: 671-676.
- Zavala, H. V. I. 1996. Distribución de *Balaenoptera musculus* y *B. physalus* en función de algunos factores físicos, en la zona comprendida entre Bahía Magdalena y Punta Concepción, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores de Iztacalco, Iztacala, Estado de México, 57 p.

www.seabird.com/application_notes/AN64.htm

GLOSARIO

Abundancia: Número de individuos por unidad de área o tiempo durante el esfuerzo de observación.

Avistamiento: Observación de diferentes organismos ya sea solo o en grupo.

Ambiente: Son todos aquellos factores y fenómenos externos a un organismo que influyen sobre él positiva o negativamente, ya se trate de factores físicos o químicos (abióticos) o bien de otros organismos (bióticos).

Caracterización del hábitat: Delimitación de las condiciones ambientales particulares de una región en la cual una especie está distribuida y que sea significativamente distinta a la región donde no está presente esa especie.

Censo: Registro del número de organismos encontrados en un área determinada por periodo de muestreo.

Composición específica: Número de especies observadas por unidad de muestreo.

Derrotero: Es la ruta de navegación recorrida por el buque oceanográfico durante el censo.

Escala Beaufort: Escala de fuerza de viento (0-12) que se asigna a través de la relación numérica basada en la observación de los efectos del viento sobre la superficie del mar, creada por Sir Francis Beaufort el cual ha sido utilizada como criterio estándar desde 1938.

Esfuerzo de observación: Condición de búsqueda de mamíferos marinos a lo largo del derrotero del barco, el cual consistió en tener tres observadores (dos con binoculares y uno sin ellos) a una velocidad de navegación promedio de 10 nudos.

Estación oceanográfica: Sitio de muestreo definido precisamente con una latitud y longitud para la medición de variables ambientales durante el derrotero.

Estenófaga: Condición que se refiere a una especie con espectro de alimentación reducido que incluye un número relativamente pequeño de especies (depredación altamente específica).

Estrés: Medida de separación de la monotonía en la relación entre la disimilaridad (distancia) en el espacio original y la distancia en el espacio de

ordenación, aplicado en el método de ordenación NMDS (McCune *et al.*, 2002).

Eufáusidos: También llamados krill, son pequeños crustáceos con forma de camarón, con caparazón fusionado completamente al tórax (cefalotórax), ojos compuestos pedunculados. Se caracterizan por presentar branquias externas adheridas a los apéndices torácicos y dos fases larvarias únicas del grupo (caliátopis y furciliás). Las 86 especies actualmente descritas pertenecen al Orden Euphausiacea con dos familias Bentheuphausiidae (monoespecífica) y Euphausiidae. La palabra eufáusido se deriva del griego *eu* = bueno o verdadero y *phausia* = asociado a brillante o que emite luz (Brinton *et al.*, 2000).

Eurífaga: Condición de una especie que tiene un amplio espectro de alimentación (generalista, con elevada flexibilidad trófica), que le permite alimentarse de manera indistinta de un mayor número de especies.

Fidelidad: Tendencia a habitar preferentemente un sitio por un periodo determinado.

Hábitat: Conjunto de recursos y condiciones ambientales definidos espacio-temporalmente que determinan la presencia, supervivencia y reproducción de una población o especie.

Método de ordenación: Análisis estadístico multivariado (más de tres variables) mediante el cual permite un arreglo espacial de las especies relacionando su abundancia relativa con las variables ambientales en múltiples dimensiones.

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

Odontoceto: Cetáceo que se caracteriza por presentar dientes, generalmente capturan presas individuales como peces, cefalópodos y pequeños crustáceos, aunque algunas especies pueden consumir mamíferos marinos. Su comportamiento alimenticio es usualmente ayudado por el proceso de ecolocalización.

Residente: Especie que permanece en un sitio en particular.

Resolución: Se refiere a la cantidad de información obtenida por unidad de tiempo y distancia recorrida. En éste caso cuantos datos de una variable se tiene por unidad de longitud de transecto del derrotero de El Puma.

Rorcual: Mysticetos que poseen pliegues gulo-ventrales, que se distienden y se contraen durante el proceso de alimentación por filtración, característica morfológica exclusiva de este grupo de cetáceos.

Segregación: División de los recursos espacio-temporalmente por parte de dos o más especies estrechamente relacionadas taxonómicamente o en cuanto a ocupación de nichos ecológicos. Usualmente implica distintos patrones de distribución entre especie en relación al gradiente de cada variable o recurso.

Surgencia costera: Es un fenómeno oceanográfica que consiste en el movimiento ascendente (vertical) de las masas agua de niveles profundos (subsuperficiales) hacia las capas superficiales como producto de un balance de masas, en el cual las aguas superficiales presentan generalmente un movimiento de divergencia horizontal característico (en la capa de Ekman) hacia fuera de la costa.

Transecto: Línea imaginaria establecida con la finalidad de obtener un rumbo de búsqueda de organismos para cubrir las distintas regiones del área de estudio durante la realización de los censos.

Traslape de hábitat: Cuando dos o más especies compiten por los mismos recursos o espacios, ya que presentan adaptaciones morfológicas y de comportamiento relativamente similar y la segregación espacio-temporal es relativamente reducida.

Variable ambiental: Descriptor físico, químico, geológico ó biológico que permite identificar una característica del ambiente.

Anexo I. Hoja de avistamientos utilizada en los cruceros oceanográficos.

FECHA: _____ / _____ / _____ <small>AÑO / MES / DÍA</small>	HOJA DE AVISTAMIENTOS CRUCERO CICIMAR-IPN	HOJA: _____ / _____
HORA: _____ : _____ ESFUERZO: _____ ROTACIÓN: I= _____ C= _____ D= _____ INDEP= _____ RUMBO: _____ LAT: _____ ° LONG: _____ ° No. DE AVISTA: _____ ANGULO: _____ RETÍCULA: _____ Sp.: _____ # ANIMAL: _____ ASOCIA: _____ OBS: _____ T° C: _____ VISIB: _____ SOL°: _____ S/S: _____ SWELL: _____ COLOR: _____ VIENTO: _____ DIR. V: _____ MUESTRA: _____ OBSERVACIONES: _____	MANTAS	
HORA: _____ : _____ ESFUERZO: _____ ROTACIÓN: I= _____ C= _____ D= _____ INDEP= _____ RUMBO: _____ LAT: _____ ° LONG: _____ ° No. DE AVISTA: _____ ANGULO: _____ RETÍCULA: _____ Sp.: _____ # ANIMAL: _____ ASOCIA: _____ OBS: _____ T° C: _____ VISIB: _____ SOL°: _____ S/S: _____ SWELL: _____ COLOR: _____ VIENTO: _____ DIR. V: _____ MUESTRA: _____ OBSERVACIONES: _____	MANTAS	
HORA: _____ : _____ ESFUERZO: _____ ROTACIÓN: I= _____ C= _____ D= _____ INDEP= _____ RUMBO: _____ LAT: _____ ° LONG: _____ ° No. DE AVISTA: _____ ANGULO: _____ RETÍCULA: _____ Sp.: _____ # ANIMAL: _____ ASOCIA: _____ OBS: _____ T° C: _____ VISIB: _____ SOL°: _____ S/S: _____ SWELL: _____ COLOR: _____ VIENTO: _____ DIR. V: _____ MUESTRA: _____ OBSERVACIONES: _____	MANTAS	
HORA: _____ : _____ ESFUERZO: _____ ROTACIÓN: I= _____ C= _____ D= _____ INDEP= _____ RUMBO: _____ LAT: _____ ° LONG: _____ ° No. DE AVISTA: _____ ANGULO: _____ RETÍCULA: _____ Sp.: _____ # ANIMAL: _____ ASOCIA: _____ OBS: _____ T° C: _____ VISIB: _____ SOL°: _____ S/S: _____ SWELL: _____ COLOR: _____ VIENTO: _____ DIR. V: _____ MUESTRA: _____ OBSERVACIONES: _____	MANTAS	
HORA: _____ : _____ ESFUERZO: _____ ROTACIÓN: I= _____ C= _____ D= _____ INDEP= _____ RUMBO: _____ LAT: _____ ° LONG: _____ ° No. DE AVISTA: _____ ANGULO: _____ RETÍCULA: _____ Sp.: _____ # ANIMAL: _____ ASOCIA: _____ OBS: _____ T° C: _____ VISIB: _____ SOL°: _____ S/S: _____ SWELL: _____ COLOR: _____ VIENTO: _____ DIR. V: _____ MUESTRA: _____ OBSERVACIONES: _____	MANTAS	
HORA: _____ : _____ ESFUERZO: _____ ROTACIÓN: I= _____ C= _____ D= _____ INDEP= _____ RUMBO: _____ LAT: _____ ° LONG: _____ ° No. DE AVISTA: _____ ANGULO: _____ RETÍCULA: _____ Sp.: _____ # ANIMAL: _____ ASOCIA: _____ OBS: _____ T° C: _____ VISIB: _____ SOL°: _____ S/S: _____ SWELL: _____ COLOR: _____ VIENTO: _____ DIR. V: _____ MUESTRA: _____ OBSERVACIONES: _____	MANTAS	

Anexo II. Tablas de datos de las especies avistadas en esfuerzo en cada crucero.

Noviembre 2005						Enero 2007					
Longitud	Latitud	Día	Hora	Sp	No. animales	Longitud	Latitud	Día	Hora	Sp	No. animales
-110.4742	27.1032	21/11/2005	02:32:32 p.m.	Dspp.	300	-109.6565	25.1535	11/01/2007	8:42:12	Dspp.	20
-110.5077	27.1328	21/11/2005	02:46:34 p.m.	Mesoplodon spp.	1	-109.7418	25.2624	11/01/2007	9:22:22	Dspp.	40
-111.1392	27.2998	22/11/2005	07:59:24 a.m.	Be	1	-109.7921	25.3215	11/01/2007	9:44:28	Dspp.	50
-110.8942	27.4887	22/11/2005	09:29:50 a.m.	Dspp.	150	-109.8243	25.3586	11/01/2007	9:58:29	Dspp.	60
-110.7512	27.5769	22/11/2005	10:16:04 a.m.	Dspp.	350	-113.9947	30.5640	14/01/2007	15:30:00	Dspp.	40
-110.8566	27.7008	22/11/2005	01:15:21 p.m.	Bp	2	-113.0678	29.1400	18/01/2007	13:34:25	Bp	3
-110.9132	27.7559	22/11/2005	01:37:24 p.m.	Bp	1	-112.9985	29.1775	18/01/2007	13:55:22	Dspp.	50
-111.1678	27.7754	22/11/2005	03:07:51 p.m.	Bp	1	-112.9547	29.2013	18/01/2007	14:08:43	Dspp.	15
-111.3010	27.6856	22/11/2005	03:52:03 p.m.	Pm	1	-112.8351	29.2670	18/01/2007	14:46:04	Pm	4
-111.3068	27.6812	22/11/2005	03:54:04 p.m.	Pm	1	-112.8116	29.2818	18/01/2007	14:54:00	Dspp.	115
-111.3086	27.6800	22/11/2005	03:54:39 p.m.	Pm	1	-112.7912	29.2939	18/01/2007	15:00:33	Pm	1
-111.3147	27.6758	22/11/2005	03:56:40 p.m.	Pm	1	-112.7822	29.2986	18/01/2007	15:03:25	Pm	2
-111.9479	28.0901	23/11/2005	02:43:00 p.m.	Kogia spp.	1	-112.7349	29.3233	18/01/2007	15:18:18	Dspp.	25
-111.9833	28.0715	23/11/2005	02:53:35 p.m.	Kogia spp.	1	-113.3445	29.0491	19/01/2007	11:13:58	Pm	2
-112.1900	27.9414	23/11/2005	04:00:01 p.m.	Kogia spp.	1	-113.3056	28.9607	19/01/2007	11:48:06	Dspp.	40
-112.2364	27.9109	23/11/2005	04:15:06 p.m.	Kogia spp.	1	-113.3048	28.8772	19/01/2007	12:16:07	Bp	1
-112.3020	27.8691	23/11/2005	04:36:17 p.m.	Dspp.	450	-112.3786	28.1207	20/01/2007	12:15:18	Pm	15
-112.3159	27.8597	23/11/2005	04:40:48 p.m.	Kogia spp.	1	-112.3574	28.1004	20/01/2007	12:24:21	Pm	2
-112.3253	27.8534	23/11/2005	04:43:50 p.m.	Dspp.	16	-112.3391	28.0829	20/01/2007	12:32:19	Pm	13
-112.3536	27.8350	23/11/2005	04:52:53 p.m.	Kogia spp.	1	-111.8825	28.0457	20/01/2007	15:11:10	Bm	1
-112.4409	27.7752	23/11/2005	05:21:36 p.m.	Kogia spp.	2	-111.8926	28.0142	20/01/2007	15:21:07	Bm	4
-112.4594	27.7622	23/11/2005	05:27:37 p.m.	Dspp.	35	-111.9091	27.9433	20/01/2007	15:45:02	Bm	1
-112.0688	28.6180	24/11/2005	09:38:06 a.m.	Pm	1	-111.9178	27.9157	20/01/2007	15:54:02	Pm	2
-112.0728	28.6225	24/11/2005	09:40:07 a.m.	Pm	1	-111.9210	27.9052	20/01/2007	15:57:24	Pm	5
-112.0749	28.6248	24/11/2005	09:41:08 a.m.	Pm	1	-111.9287	27.8776	20/01/2007	16:06:04	Bm	1
-112.0749	28.6248	24/11/2005	09:41:08 a.m.	Pm	1	-111.9340	27.8583	20/01/2007	16:12:08	Pm	1
-112.0790	28.6294	24/11/2005	09:43:09 a.m.	Pm	3	-111.9428	27.8267	20/01/2007	16:22:13	Pm	8
-112.0810	28.6317	24/11/2005	09:44:10 a.m.	Pm	1	-111.9463	27.8141	20/01/2007	16:26:13	Pm	6

-112.1078	28.6618	24/11/2005	09:57:17 a.m.	Bp	1	-111.9463	27.8141	20/01/2007	16:26:13	Tt oc.	60
-112.2037	28.7285	24/11/2005	10:56:51 a.m.	Pm	1	-112.2020	28.5852	24/01/2007	9:25:00	Bm	1
-112.2037	28.7285	24/11/2005	10:56:51 a.m.	Pm	1	-112.1922	28.6305	24/01/2007	9:51:37	Bm	1
-112.2037	28.7285	24/11/2005	10:56:51 a.m.	Pm	1	-112.1684	28.7234	24/01/2007	10:24:14	Bp	1
-112.2334	28.7115	24/11/2005	11:05:56 a.m.	Bp	2	-112.4839	28.6452	24/01/2007	12:52:38	Dspp.	30
-112.5944	28.4750	24/11/2005	01:22:48 p.m.	Pm	1	-112.3924	28.3838	24/01/2007	15:48:11	Pm	15
-112.6569	28.4323	24/11/2005	01:44:02 p.m.	Pm	1	-112.7090	28.2691	25/01/2007	11:01:50	Bp	1
-112.7478	28.3721	24/11/2005	02:15:19 p.m.	Pm	1	-112.5869	27.7907	25/01/2007	16:40:02	Bm	1
-112.7608	28.3608	24/11/2005	02:20:22 p.m.	Pm	1	-111.3433	26.6826	26/01/2007	3:54:26	Bp	1
-113.2546	29.3822	25/11/2005	01:21:14 p.m.	Dspp.	10	-109.2341	23.4022	30/01/2007	15:46:00	Mn	3
-113.2616	29.3791	25/11/2005	01:23:15 p.m.	Dspp.	1						
-113.2684	29.3755	25/11/2005	01:25:16 p.m.	Dspp.	5						
-113.2717	29.3737	25/11/2005	01:26:16 p.m.	Dspp.	3						
-113.2749	29.3717	25/11/2005	01:27:16 p.m.	Dspp.	20						
-113.2773	29.3783	25/11/2005	02:46:59 p.m.	Bp	1						
-113.2615	29.4084	25/11/2005	02:58:07 p.m.	Dspp.	3						
-113.2193	29.4924	25/11/2005	03:25:22 p.m.	Dspp.	80						
-113.2162	29.4985	25/11/2005	03:27:23 p.m.	Dspp.	30						
-113.1573	29.6106	25/11/2005	04:04:44 p.m.	Pm	1						
-113.1526	29.6196	25/11/2005	04:07:46 p.m.	Pm	1						
-113.1526	29.6196	25/11/2005	04:07:46 p.m.	Pm	1						
-113.1510	29.6226	25/11/2005	04:08:47 p.m.	Pm	1						
-113.1494	29.6257	25/11/2005	04:09:48 p.m.	Pm	1						
-113.1445	29.6348	25/11/2005	04:12:50 p.m.	Pm	1						
-113.1429	29.6378	25/11/2005	04:13:50 p.m.	Pm	1						
-113.1398	29.6440	25/11/2005	04:15:52 p.m.	Pm	1						
-113.1350	29.6532	25/11/2005	04:18:54 p.m.	Pm	1						
-113.1334	29.6563	25/11/2005	04:19:55 p.m.	Pm	1						
-113.1317	29.6593	25/11/2005	04:20:55 p.m.	Pm	1						
-113.1284	29.6655	25/11/2005	04:22:56 p.m.	Pm	2						
-113.1269	29.6685	25/11/2005	04:23:56 p.m.	Pm	1						
-113.1238	29.6747	25/11/2005	04:25:57 p.m.	Pm	1						
-113.0848	29.7516	25/11/2005	04:51:12 p.m.	Gm	18						
-113.0743	29.7731	25/11/2005	04:58:14 p.m.	Tt oc.	18						

-113.0697	29.7823	25/11/2005	05:01:15 p.m.	Gm	20
-113.0614	29.7992	25/11/2005	05:06:48 p.m.	Gm	15
-113.0599	29.8022	25/11/2005	05:07:48 p.m.	Gm	10
-113.0585	29.8053	25/11/2005	05:08:49 p.m.	Gm	60
-113.0585	29.8053	25/11/2005	05:08:49 p.m.	Gm	35
-113.0421	29.8355	25/11/2005	05:18:56 p.m.	Tt oc.	5
-113.0404	29.8384	25/11/2005	05:19:56 p.m.	Gm	18
-113.0404	29.8384	25/11/2005	05:19:56 p.m.	Tt oc.	10
-113.0387	29.8414	25/11/2005	05:20:56 p.m.	Tt oc.	33
-113.0255	29.8654	25/11/2005	05:29:01 p.m.	Kogia spp.	1
-113.8212	29.5623	26/11/2005	08:45:09 a.m.	Pm	1
-113.8112	29.5480	26/11/2005	08:51:11 a.m.	Tt oc.	15
-113.7978	29.5321	26/11/2005	08:58:16 a.m.	Pm	1
-113.7844	29.5169	26/11/2005	09:05:18 a.m.	Pm	1
-113.7786	29.5104	26/11/2005	09:08:20 a.m.	Pm	1
-113.7688	29.4993	26/11/2005	09:13:23 a.m.	Pm	1
-113.7628	29.4929	26/11/2005	09:16:25 a.m.	Pm	1
-113.7300	29.4595	26/11/2005	09:32:34 a.m.	Pm	1
-113.7257	29.4554	26/11/2005	09:34:34 a.m.	Pm	1
-113.7257	29.4554	26/11/2005	09:34:34 a.m.	Pm	1
-113.7149	29.4450	26/11/2005	09:39:35 a.m.	Bm	2
-113.7127	29.4430	26/11/2005	09:40:36 a.m.	Pm	1
-113.7105	29.4409	26/11/2005	09:41:36 a.m.	Pm	1
-113.7063	29.4368	26/11/2005	09:43:38 a.m.	Bm	1
-113.7043	29.4348	26/11/2005	09:44:38 a.m.	Bm	1
-113.7021	29.4327	26/11/2005	09:45:39 a.m.	Pm	1
-113.7021	29.4327	26/11/2005	09:45:39 a.m.	Pm	1
-113.6960	29.4264	26/11/2005	09:48:41 a.m.	Bm	2
-113.6960	29.4264	26/11/2005	09:48:41 a.m.	Pm	1
-113.6940	29.4242	26/11/2005	09:49:41 a.m.	Bm	1
-113.6940	29.4242	26/11/2005	09:49:41 a.m.	Bm	1
-113.6940	29.4242	26/11/2005	09:49:41 a.m.	Pm	1
-113.6898	29.4199	26/11/2005	09:51:42 a.m.	Pm	1
-113.6898	29.4199	26/11/2005	09:51:42 a.m.	Pm	1

-113.6877	29.4177	26/11/2005	09:52:43 a.m.	Pm	1
-113.6856	29.4154	26/11/2005	09:53:44 a.m.	Pm	1
-113.6813	29.4110	26/11/2005	09:55:44 a.m.	Bm	1
-113.6813	29.4110	26/11/2005	09:55:44 a.m.	Bm	1
-113.6813	29.4110	26/11/2005	09:55:44 a.m.	Bm	1
-113.6791	29.4087	26/11/2005	09:56:45 a.m.	Pm	2
-113.6770	29.4065	26/11/2005	09:57:45 a.m.	Pm	1
-113.6747	29.4042	26/11/2005	09:58:46 a.m.	Pm	1
-113.6726	29.4020	26/11/2005	09:59:46 a.m.	Pm	1
-113.6726	29.4020	26/11/2005	09:59:46 a.m.	Tt oc.	1
-113.6703	29.3997	26/11/2005	10:00:47 a.m.	Pm	1
-113.6703	29.3997	26/11/2005	10:00:47 a.m.	Pm	1
-113.6703	29.3997	26/11/2005	10:00:47 a.m.	Pm	1
-113.6659	29.3953	26/11/2005	10:02:48 a.m.	Pm	5
-113.6595	29.3883	26/11/2005	10:05:50 a.m.	Bm	1
-113.6574	29.3860	26/11/2005	10:06:51 a.m.	Pm	1
-113.6531	29.3812	26/11/2005	10:08:53 a.m.	Pm	1
-113.6531	29.3812	26/11/2005	10:08:53 a.m.	Pm	1
-113.6447	29.3717	26/11/2005	10:12:56 a.m.	Pm	1
-113.6407	29.3670	26/11/2005	10:14:57 a.m.	Pm	1
-113.6387	29.3646	26/11/2005	10:15:58 a.m.	Pm	1
-113.6328	29.3576	26/11/2005	10:19:00 a.m.	Pm	1
-113.6140	29.3372	26/11/2005	10:28:05 a.m.	Bm	2
-113.4366	29.1200	26/11/2005	01:44:23 p.m.	Pm	1
-113.4337	29.1175	26/11/2005	01:45:23 p.m.	Pm	1
-113.4337	29.1175	26/11/2005	01:45:23 p.m.	Pm	1
-113.4337	29.1175	26/11/2005	01:45:23 p.m.	Pm	1
-113.4308	29.1151	26/11/2005	01:46:24 p.m.	Pm	1
-113.4308	29.1151	26/11/2005	01:46:24 p.m.	Tt oc.	
-113.4280	29.1126	26/11/2005	01:47:24 p.m.	Pm	1
-113.4164	29.1031	26/11/2005	01:51:26 p.m.	Pm	1
-113.4136	29.1008	26/11/2005	01:52:26 p.m.	Pm	1
-113.4136	29.1008	26/11/2005	01:52:26 p.m.	Pm	1
-113.4136	29.1008	26/11/2005	01:52:26 p.m.	Pm	1

-113.4136	29.1008	26/11/2005	01:52:26 p.m.	Pm	1
-113.4107	29.0984	26/11/2005	01:53:27 p.m.	Pm	2
-113.4107	29.0984	26/11/2005	01:53:27 p.m.	Pm	1
-113.4078	29.0961	26/11/2005	01:54:27 p.m.	Pm	1
-113.4049	29.0938	26/11/2005	01:55:28 p.m.	Pm	1
-113.4049	29.0938	26/11/2005	01:55:28 p.m.	Pm	1
-113.3993	29.0892	26/11/2005	01:57:28 p.m.	Pm	1
-113.3993	29.0892	26/11/2005	01:57:28 p.m.	Pm	1
-113.3936	29.0845	26/11/2005	01:59:30 p.m.	Pm	2
-113.3936	29.0845	26/11/2005	01:59:30 p.m.	Pm	1
-113.3853	29.0778	26/11/2005	02:02:31 p.m.	Pm	4
-113.3853	29.0778	26/11/2005	02:02:31 p.m.	Pm	1
-113.3853	29.0778	26/11/2005	02:02:31 p.m.	Pm	1
-113.3796	29.0733	26/11/2005	02:04:32 p.m.	Pm	1
-113.3796	29.0733	26/11/2005	02:04:32 p.m.	Pm	1
-113.3767	29.0711	26/11/2005	02:05:33 p.m.	Pm	1
-113.3767	29.0711	26/11/2005	02:05:33 p.m.	Pm	1
-113.3767	29.0711	26/11/2005	02:05:33 p.m.	Pm	2
-113.3767	29.0711	26/11/2005	02:05:33 p.m.	Pm	2
-113.3767	29.0711	26/11/2005	02:05:33 p.m.	Pm	5
-113.3709	29.0665	26/11/2005	02:07:35 p.m.	Pm	1
-113.3709	29.0665	26/11/2005	02:07:35 p.m.	Pm	1
-113.3709	29.0665	26/11/2005	02:07:35 p.m.	Pm	1
-113.3681	29.0641	26/11/2005	02:08:36 p.m.	Pm	1
-113.3652	29.0618	26/11/2005	02:09:36 p.m.	Pm	1
-113.3594	29.0571	26/11/2005	02:11:37 p.m.	Pm	1
-113.3508	29.0500	26/11/2005	02:14:39 p.m.	Pm	1
-113.3480	29.0476	26/11/2005	02:15:40 p.m.	Pm	1
-113.1422	28.9360	26/11/2005	03:18:13 p.m.	Pm	1
-113.0553	28.9682	26/11/2005	03:43:28 p.m.	Dspp.	20
-113.0522	28.9704	26/11/2005	03:44:29 p.m.	Dspp.	3
-113.0342	28.9834	26/11/2005	03:50:31 p.m.	Dspp.	30
-111.1752	27.9300	30/11/2005	11:43:28 a.m.	Mn	1
-111.2020	27.7359	30/11/2005	04:15:34 p.m.	Pm	1

-111.2052	27.7341	30/11/2005	04:16:35 p.m.	Pm	1
-111.2052	27.7341	30/11/2005	04:16:35 p.m.	Pm	1
-111.2083	27.7323	30/11/2005	04:17:35 p.m.	Pm	1
-111.2114	27.7305	30/11/2005	04:18:36 p.m.	Pm	2
-111.2114	27.7305	30/11/2005	04:18:36 p.m.	Pm	1
-111.2176	27.7270	30/11/2005	04:20:36 p.m.	Pm	1
-111.2300	27.7197	30/11/2005	04:24:39 p.m.	Pm	3
-111.2331	27.7179	30/11/2005	04:25:40 p.m.	Pm	1
-111.2424	27.7124	30/11/2005	04:28:43 p.m.	Pm	4
-111.2455	27.7107	30/11/2005	04:29:43 p.m.	Pm	3
-111.2547	27.7052	30/11/2005	04:32:45 p.m.	Pm	1
-111.2547	27.7052	30/11/2005	04:32:45 p.m.	Pm	1
-111.2610	27.7016	30/11/2005	04:34:46 p.m.	Pm	3
-111.2610	27.7016	30/11/2005	04:34:46 p.m.	Pm	1
-111.2765	27.6922	30/11/2005	04:39:49 p.m.	Pm	2
-111.2765	27.6922	30/11/2005	04:39:49 p.m.	Pm	1
-111.2826	27.6884	30/11/2005	04:41:50 p.m.	Pm	1
-111.2826	27.6884	30/11/2005	04:41:50 p.m.	Pm	1
-111.2826	27.6884	30/11/2005	04:41:50 p.m.	Pm	1
-111.2857	27.6865	30/11/2005	04:42:51 p.m.	Pm	1
-111.2919	27.6826	30/11/2005	04:44:52 p.m.	Pm	2
-111.2919	27.6826	30/11/2005	04:44:52 p.m.	Pm	1
-111.2950	27.6807	30/11/2005	04:45:53 p.m.	Pm	1
-111.2950	27.6807	30/11/2005	04:45:53 p.m.	Pm	1
-108.1943	23.8692	03/12/2005	08:17:42 a.m.	Bm	1
-108.1806	23.8640	03/12/2005	08:21:44 a.m.	Bm	1
-108.1701	23.8603	03/12/2005	08:24:46 a.m.	Bm	1
-108.1598	23.8562	03/12/2005	08:27:48 a.m.	Bm	3
-108.1528	23.8537	03/12/2005	08:29:50 a.m.	Bm	1
-108.1494	23.8525	03/12/2005	08:30:50 a.m.	Bm	1
-108.1425	23.8498	03/12/2005	08:32:51 a.m.	Bm	1
-108.1287	23.8447	03/12/2005	08:36:54 a.m.	Bm	1
-108.1148	23.8396	03/12/2005	08:40:56 a.m.	Bm	1
-108.1114	23.8384	03/12/2005	08:41:56 a.m.	Bm	1

-108.1080	23.8371	03/12/2005	08:42:56 a.m.	Bm	1
-108.0602	23.8184	03/12/2005	08:57:02 a.m.	Bm	1
-108.0432	23.8117	03/12/2005	09:02:06 a.m.	Bm	1
-107.7228	23.6910	03/12/2005	10:35:05 a.m.	Bm	2
-107.7120	23.6873	03/12/2005	10:38:07 a.m.	Bm	1

Be = *Balaenoptera edeni* (ballena de Bryde)

Bm = *Balaenoptera musculus* (ballena azul)

Bp = *Balaenoptera physalus* (ballena de aleta)

Gm = *Globicephala macrorhynchus* (calderón de aletas cortas)

Dspp. = *Delphinus* spp. (delfín común)

Mn = *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada)

Pm = *Physeter macrocephalus* (cachalote)

Tt oc. = *Tursiops truncatus* oceánico (delfín nariz de botella oceánico)

Anexo III. Mapas de distribución de los avistamientos registrados en esfuerzo en cada temporada, donde se muestran aquellos avistamientos al sur que no fueron considerados en el análisis pues no fueron incluidos en el registro de las variables continuas.

