

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada



**IMPORTANCIA DE LOS EUFAUSIDOS EN LA ECOLOGÍA ALIMENTARIA DEL
RORCUAL COMÚN (*Balaenoptera physalus*) EN CANAL DE BALLENAS Y BAHÍA
DE LOS ÁNGELES, BAJA CALIFORNIA**

TESIS

DOCTORADO EN CIENCIAS

PALOMA LADRÓN DE GUEVARA PORRAS

Ensenada, Baja California, México, Noviembre de 2007.

TESIS DEFENDIDA POR
Paloma Ladrón de Guevara Porras
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ



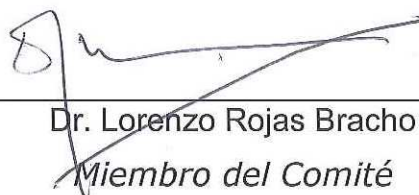
Dra. Bertha Eugenia Lavaniegos
Espejo
Codirector del Comité



Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Codirector del Comité



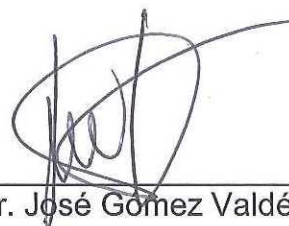
Dr. Gilberto Gaxiola Castro
Miembro del Comité



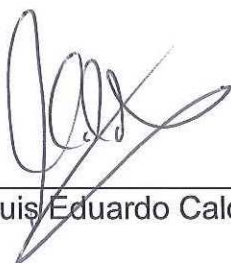
Dr. Lorenzo Rojas Bracho
Miembro del Comité



Dr. Jorge De Jesús Urbán Ramírez
Miembro del Comité



Dr. José Gómez Valdés
Miembro del Comité



Dr. Luis Eduardo Calderón Aguilera

*Coordinador del Programa de
Posgrado en Ecología Marina*



Dr. David Hilario Covarrubias
Rosales

*Encargado del Despacho de la
Dirección de Estudios de
Posgrado*

20 de noviembre de 2007

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN ECOLOGÍA MARINA**

**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

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS

Presenta:

PALOMA LADRÓN DE GUEVARA PORRAS

Ensenada, Baja California, México, noviembre del 2007.

RESUMEN de la tesis de **Paloma Ladrón de Guevara Porras**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de DOCTOR EN CIENCIAS en Ecología Marina.

Ensenada, Baja California, México. Noviembre 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.

Resumen aprobado por:



Dra. Bertha Eugenia Lavaniegos Espejo
Codirector



Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Codirector

Los objetivos del presente trabajo fueron: (1) determinar la relación entre la distribución y variación estacional e interanual de la abundancia de eufáusidos y el rorcual común (*Balaenoptera physalus*) durante dos ciclos anuales (2003-2004) en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles, Baja California, (2) determinar si los eventos de alimentación en superficie del rorcual común presentan una variación estacional asociada a la presencia de agregaciones superficiales de eufáusidos y (3) identificar la estructura del zooplancton y las etapas de desarrollo de los eufáusidos. Se realizaron cuatro salidas de campo por año (invierno-primavera, primavera, verano y otoño) durante las cuales se llevaron a cabo transectos lineales, navegaciones y arrastres de zooplancton desde embarcaciones menores (6 m). Se calculó el índice de abundancia relativa (IAR) de rorcuales por km navegado (IAR/km) y por hora de esfuerzo de búsqueda (IAR/h). Se navegó un total de 70 días para ambos años de estudio. *Nyctiphanes simplex* fue el eufáusido presente en las muestras de zooplancton (principalmente larvas calíptopis). El menor número de rorcuales y eufáusidos correspondió a la región norte del Canal de Ballenas y a Bahía de los Ángeles. La mayor abundancia de rorcuales y eufáusidos se observó en la región sur del canal. La presencia del rorcual común fue más constante en aguas someras de la entrada oriental de Bahía de los Ángeles que conecta con el Canal de Ballenas. El rorcual común fue significativamente más abundante en 2004 (2.07 ind/h) que en 2003 (0.39 ind/h; $U = 878.5$, $p < 0.001$). En cada año se encontraron diferencias estacionales significativas del IAR/h (2003: $H_{(3, n = 69)} = 13.84$, $p = 0.003$; 2004: $H_{(3, n = 69)} = 22.68$, $p < 0.001$) con una abundancia máxima durante el verano. La diferencia entre años de la abundancia de eufáusidos ($\text{Log ind}/1000 \text{ m}^3$) no fue significativa.

(2004: 2.65 y 2003: 2.27; $U = 1202.5$, $p = 0.087$). A escala estacional la abundancia de eufáusidos mostró diferencias significativas en ambos años (2003: $H_{(2, n=54)} = 16.07$, $p < 0.001$; 2004: $H_{(3, n=77)} = 12.31$, $p = 0.006$) y disminuyó de la primavera al otoño. Tanto el rorcual común como los eufáusidos presentaron una abundancia pobre en el otoño pero hay un desfase de unas semanas entre la abundancia máxima de eufáusidos (mayo-junio) y de rorcuales (julio). Se observó a los rorcuales alimentándose en 18 de los 19 enjambres superficiales de *N. simplex* registrados. La mayoría (84%) de los enjambres presentaron organismos adultos así como proporciones variables de larvas y juveniles. Se identificó un patrón único de alimentación. Las aguas adyacentes a Isla Coronado constituyen un hábitat estacional de forrajeo para el rorcual común, principalmente durante la primavera y el verano. Los copépodos y las apendicularias fueron los organismos que aportaron más a la biomasa de zooplancton. Ya que ninguno de estos dos organismos forma parte esencial de la dieta de los rorcuales, el utilizar las estimaciones de abundancia de *N. simplex* fue un buen indicador del alimento disponible para los rorcuales. El aumento de la temperatura superficial del mar registrado durante 2003 probablemente estuvo relacionado con un evento débil El Niño (2003-2004). Esto pudo influir en la productividad de los eufáusidos, lo cual se reflejó en una menor abundancia de *N. simplex* y de enjambres superficiales durante 2003, y por lo tanto en una menor disponibilidad de alimento para los rorcuales. Los cambios estacionales e interanuales en la abundancia de rorcuales puede ser un indicador de la productividad de esta región del Golfo de California.

Palabras clave: Rorcual común, *Balaenoptera physalus*, eufáusidos, *Nyctiphanes simplex*, Canal de Ballenas.

ABSTRACT of the thesis presented by **Paloma Ladrón de Guevara Porras** as a partial requirement to obtain the DOCTOR IN SCIENCE degree in MARINE ECOLOGY. Ensenada, Baja California, Mexico. November 2007.

EUPHAUSIIDS IMPORTANCE IN THE FEEDING ECOLOGY OF THE FIN WHALE (*Balaenoptera physalus*) IN THE BALLENAS CHANNEL AND BAHIA DE LOS ANGELES, BAJA CALIFORNIA.

The objectives of the study were to: (1) establish the relationship between the distribution and seasonal and interannual variation of euphausiids and fin whale (*Balaenoptera physalus*) abundance during 2003-2004 in Ballenas Channel and Bahia de los Angeles, Baja California, (2) determine if the surface feeding activity of fin whales were associated to the seasonal presence of euphausiid surface swarms, and (3) identify the zooplankton structure and the euphausiid life phases. Four field trips per year were done (winter-spring, spring, summer and autumn). Line transects surveys, sighting surveys and zooplankton tows were conducted in small boats (6 m). A relative abundance index (RAI) of fin whales was estimated by km (RAI/km) and by hour of search effort (RAI/h). In both years, surveys were conducted during 70 days. *Nyctiphanes simplex* was the euphausiid present in all zooplankton samples and the larvae calyptopis were the dominant life phase. The lesser number of whales and euphausiids were recorded in the north region on the Ballenas Channel and in Bahia de los Angeles. Whales were more constantly seeing in the south region of the channel, where the euphausiids abundance was also higher. Fin whales were mainly observed in the shallow waters of the eastern entrance that connect Bahia de los Angeles with the Ballenas Channel. Fin whales RAI was significantly higher in 2004 (2.07 whales/h) than in 2003 (0.39 whales/h; $U = 878.5$, $p < 0.001$). Whales abundance varied among seasons in both years (2003: $H_{(3, n=69)} = 13.84$, $p = 0.003$; 2004: $H_{(3, n=69)} = 22.68$, $p < 0.001$) with maximum abundance during summer. Euphausiids abundance (Log ind/1000 m³) was higher in 2004 (2.65) than in 2003 (2.27) but the difference were not significant ($U = 1202.5$, $p = 0.087$). However, seasonal differences in euphausiids abundance were significant for both years (2003: $H_{(2, n=54)} = 16.07$, $p < 0.001$; 2004: $H_{(3, n=77)} = 12.31$, $p = 0.006$), abundance decrease from spring to autumn. Although fin whales and euphausiids minimum abundance was during autumn, the maximum abundance of whales (July) were few weeks latter than the euphausiids maximum (May-June). Whales were observed feeding on 18 out of 19 *N. simplex* surface swarms. Most (84%) swarms had adult euphausiids as well as variable proportions of larvae and juveniles. A characteristic distribution pattern of feeding activity, was identify mainly during spring and summer seasons. The data show that the adjacent waters off Coronado Island constitute a unique seasonal foraging habitat for fin whales. The copepods and appendicularians were the organisms that most

contributed to the zooplankton biomass. Since neither of these groups are the principal prey of fin whales, the use of *N. simplex* abundance was a good indicator of the availability of food for whales. The increase in sea surface temperature during 2003 was probably due to a weak El Niño event (2003-2004). This may have influenced the productivity of euphausiids, and therefore a reduction in the availability of food for whales. The seasonal and interannual changes in the abundance of whales may be an indicator on biological productivity of this region of the Gulf of California.

Keywords: Fin whale, *Balaenoptera physalus*, euphausiids, *Nyctiphanes simplex*, Ballenas Channel.

DEDICATORIA

A mis padres, Silvia y Gabriel
A mi hermano Leonardo

Por siempre confiar en mí y brindarme incondicionalmente su apoyo

A mis sobrinos, Jerónimo, Aarón y Frida

Por hacer mi vida más divertida, alegre y feliz.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

al CONACYT y el CICESE por las becas otorgadas para realizar mis estudios de doctorado,

a las Dras. Bertha Lavaniegos y Gisela Heckel por aceptarme como estudiante de doctorado dentro de sus proyectos de investigación (internos y externos), por su apoyo financiero y por confiar en mí para el desarrollo del presente trabajo de tesis,

a los miembros de mi Comité de Tesis, los Drs.: Bertha Lavaniegos, Gisela Heckel, Gilberto Gaxiola, José Gómez, Jorge Urbán y Lorenzo Rojas, por sus valiosas sugerencias, comentarios y discusiones que enriquecieron y mejoraron el trabajo de tesis.

a los colegas del APFF-Islas Golfo de California, particularmente a la Biól. Isabel Fuentes y al Dr. Alfredo Zavala con cuya ayuda y apoyo logístico siempre se contó, lo cual fue de vital importancia para el desarrollo del trabajo de campo,

a los pescadores y comunidad de Bahía de los Ángeles y el Ejido "Tierra y Libertad" quienes siempre me brindaron su colaboración durante mi estancia en Bahía de los Ángeles la cual contribuyeron a hacer más agradable.

Durante el trabajo de campo se contó con la participación de varios estudiantes y colegas que de forma entusiasta trabajaron durante las navegaciones y trabajo en

tierra por lo que quiero darles las gracias a los compañeros de ICMME, CICESE y la UABC: Lucía Barbosa, Erick Bravo, Ligeia del Toro, Luis Enríquez, Fabiola Lafarga, Oscar Guzón, Ricardo Mendoza, Eduardo Morteo, Samantha Rodríguez, Alejandra Baez y Yolanda Schramm. Así como a Claudia Díaz, Sylviane Jaume, Sergio Nigenda y al Dr. Jorge Urbán de la UABCS, cuya colaboración fue de vital importancia durante el verano de 2004.

Las navegaciones se realizaron con el valioso apoyo de José Arce S. (El Güero, capitán de navegación) y se contó con la colaboración de los pescadores Rafael Cuevas, Igor Galván, Joel Prieto y Samuel Díaz. De manera especial quiero agradecer a Rafa, Samuel y Federico Arce y familia por siempre estar al pendiente de que regresara sana y salva de navegar el Canal de Ballenas.

La Dra. Enriqueta Velarde (Universidad Veracruzana) nos facilitó una embarcación y puso a nuestra disposición su campamento en Isla Rasa lo cual fue de gran ayuda para echar andar el trabajo de campo durante la primavera de 2003.

Durante el trabajo en el Laboratorio de Zooplancton fue de suma importancia y ayuda contar con la colaboración de Paty García, Israel Ambriz, Isamara Navarrete y Claudia Navarro.

Deseo agradecer de manera especial a Elena Solana, Armando Jaramillo y Manuel López, tres investigadores que, sin ser parte de mi comité de tesis,

siempre tuvieron la disposición y tiempo de ayudarme a resolver mis dudas por muy simples o enredadas que estas fueran. Muchas gracias por su paciencia, ayuda y asesoría.

También deseo agradecer a los dibujantes del CICESE: José María Domínguez y Francisco Ponce por la edición de las figuras.

De igual forma le agradezco a Marcos Gaxiola su ayuda en el procesamiento de datos e imágenes satelitales y a la Dra María Luisa Argote toda la información que tan amablemente me proporcionó sobre el Canal de Ballenas.

Sin el apoyo de Lorenzo Rojas, Armando Jaramillo y Edwyna Nieto, del Instituto Nacional de Ecología, hubiera sido muy difícil y complicado poder concluir la tesis. Gracias de todo corazón.

Gracias a Sonia V., Ana Laura F. (La China), Jorge R., Israel A., Toño A., Felipe G., Rocío M., Leonardo C., Vanesa F., Julio H., Lorena L., César A., Magda C., Norma L., Concha G., Ana María P., Alejandra L., Carlos A., Isabel F., José A., por su amistad y hacer más divertida mi estancia en Ensenada.

De manera especial deseo agradecer a mi familia y en particular a mis padres y hermano por siempre apoyarme y confiar en mí.

Se contó con financiamiento de International Community Foundation (California, USA), Fundación Internacional de la Comunidad (Tijuana, B.C.), CICESE y CONANP-SEMARNAT (a través de PRODERS).

La investigación se realizó bajo los permisos de SEMARNAT No. SGPA/DGVVS/00510 del 24.1.2003 y No. 1564 del 13.3.2003.

CONTENIDO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
I.1. Antecedentes.....	3
I.1.1. Distribución del rorcual común.....	3
I.1.2. Alimentación del rorcual común.....	5
I.2. Planteamiento de la hipótesis.....	9
I.3. Objetivos.....	11
I.3.1. Objetivo general.....	11
I.3.2. Objetivos particulares.....	11
I.4. Área de estudio.....	12
I.4.1. Canal de Ballenas.....	12
I.4.2. Bahía de los Ángeles	15

CAPÍTULO II

Relación entre la distribución y abundancia de los eufáusidos y del rorcual común

II.1. Resumen.....	19
II.2. Introducción.....	20
II.3. Metodología.....	23
II.3.1. Trabajo de campo.....	23
II.3.1.1. Distribución y abundancia de rorcuales.....	25
II.3.1.2. Abundancia y distribución de eufáusidos.....	27
II.3.2. Trabajo de laboratorio.....	28
II.3.3. Análisis de datos.....	29
II.4. Resultados.....	32
II.4.1. Distribución del rorcual común.....	35
II.4.2. Distribución de los eufáusidos.....	38
II.4.3. Relación entre la distribución de eufáusidos y el rorcual común	44
II.4.4. Variación temporal del rorcual común.....	45
II.4.5. Variación temporal de los eufáusidos.....	48
II.4.6. Relación entre la variación temporal y abundancia de eufáusidos el rorcual común.....	52
II.4.7. Temperatura superficial del mar.....	53
II.5. Discusión.....	55
II.5.1. Distribución del rorcual común y los eufáusidos.....	55
II.5.2. Variación temporal del rorcual común y los eufáusidos.....	59
II.5.3. Diferencias interanuales en la abundancia de eufáusidos y rorcuales asociada a eventos EL Niño.....	61

CONTENIDO (Continuación)

CAPÍTULO III

Forrajeo del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en agregaciones superficiales diurnas del eufáusido *Nyctiphanes simplex* en el Canal de Ballenas, Golfo de California, México

III.1. Resumen.....	66
III.2. Introducción.....	67
III.3. Metodología.....	70
III.3.1. Trabajo de campo.....	70
III.3.2. Trabajo de laboratorio.....	71
III.3.3. Análisis de datos.....	71
III.4. Resultados.....	72
III.4.1. Rorcuales comunes forrajeando sobre enjambres de eufáusidos...	72
III.4.2. Diferencias estacionales e interanuales.....	76
III.5. Discusión.....	77
III.5.1. Actividad de forrajeo del rorcual común.....	77
III.5.2. Diferencias estacionales e interanuales.....	78

CAPÍTULO IV

IV. Estructura del zooplancton y fases de desarrollo de los eufáusidos

IV.1. Resumen.....	81
IV.2. Introducción.....	82
IV.3. Metodología.....	85
IV.3.1. Trabajo de campo.....	85
IV.3.2. Trabajo de laboratorio.....	86
IV.3.3. Análisis de datos.....	86
IV.4. Resultados.....	87
IV.4.1. Biomasa de zooplancton.....	87
IV.4.2. Contribución proporcional de cada grupo de zooplancton.....	91
IV.4.3. Composición por especies y estadio de desarrollo de los eufáusidos.....	98
IV.4.4. Forma y estructura de los enjambres superficiales diurnos de <i>Nyctiphanes simplex</i>	98
IV.5. Discusión.....	102
IV.5.1. Biomasa de zooplancton y proporción de los grupos taxonómicos.....	102
IV.5.2. Composición por especies y estado de desarrollo de los eufáusidos.....	105
IV.5.3. Estructura de los enjambres superficiales diurnos.....	106

CAPÍTULO V

V.1. Discusión general.....	110
V.2 Conclusiones.....	118

VII. Literatura citada.....	120
-----------------------------	-----

Apéndice I.....	134
-----------------	-----

Apéndice II.....	135
------------------	-----

Apéndice III.....	146
-------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Área de estudio, Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles (batimetría en m). Tomado de López <i>et al.</i> , 2006	13
2	Islas de Bahía de los Ángeles (batimetría en m). (1) Coronadito, (2) Coronado, (3) Mitlán, (4) Piojo, (5) Pata, (6) Bota, (7) Jorobado, (8) Flecha, (9) Llave, (10) Cerraja, (11) Ventana, (12) Cabeza de Caballo, (13) Gemelo Oeste, (14) Gemelo Este. Modificado de Barnard y Grady, 1968	17
3	Transectos lineales y estaciones de muestreo de zooplancton	24
4	Fases de vida de <i>Nyctiphanes simplex</i> . Tomado de Brinton <i>et al.</i> , 2000	29
5	Transectos lineales realizados durante 2003 (a) y 2004 (b) en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles	34
6	Avistamientos del rorcual común (<i>Balaenoptera physalus</i>) durante los transectos lineales de 2003 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.	36
7	Avistamientos del rorcual común (<i>Balaenoptera physalus</i>) durante los transectos lineales de 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.	37
8	Distribución y abundancia de <i>Nyctiphanes simplex</i> durante la transición invierno-primavera de 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.	40
9	Distribución y abundancia de <i>Nyctiphanes simplex</i> durante la primavera, verano y otoño de 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.	41
10	Distribución y abundancia promedio de <i>Nyctiphanes simplex</i> durante 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.	42

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Página
11	Biomasa ($\text{mg}/1000\text{m}^3$) de las muestras que presentaron individuos juveniles y adultos de <i>N. simplex</i> .	43
12	12. Comparación del índice de abundancia relativa (IAR/h) del rorcual común (<i>Balaenoptera physalus</i>) durante los cuatro muestreos de 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Intervalo de confianza al 95%.	47
13	Promedio semanal (e intervalo de confianza al 95%) del índice de abundancia relativa (IAR/h) del rorcual común (<i>Balaenoptera physalus</i>) durante 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Las barras de color debajo del eje X indican la cobertura de muestreo.	48
14	Comparación de la abundancia del eufáusido (<i>Nyctiphanes simplex</i>) entre estaciones del año de 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Intervalo de confianza al 95%. Los datos fueron transformados a logaritmos antes de calcular los promedios.	51
15	Abundancia media (e intervalo de confianza al 95%) semanal de <i>Nyctiphanes simplex</i> durante 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Las barras de color debajo del eje X indican la cobertura de muestreo. Los datos fueron transformados a logaritmos antes de calcular los promedios.	52
16	Promedio semanal de la temperatura superficial del mar ($\pm$ DS) durante 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. a) datos registrados <i>in situ</i> y b) datos del satélite (Ocean color; http://oceancolor.gsfc.nasa.gov). Las barras de color debajo del eje X indican la cobertura de muestreo.	54

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Página
17	Ubicación de los enjambre superficiales diurnos de <i>Nyctiphanes simplex</i> observados en el Canal de Ballenas durante 2003 y 2004. Los números corresponden a cada enjambre (Tabla VI) y los símbolos a los avistamientos de rorcuales de cada mes. Los enjambres 1, 2, 19 y 13 no se muestran ya que ocurrieron al sur y este, respectivamente, del área presentada en el mapa.	74
18	Biomasa de zooplancton (ml/1000m ³) durante la diferentes estaciones del año de 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.	89
19	Comparación de la biomasa de zooplancton entre estaciones del año de 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Intervalos de confianza al 95%.	90
20	Abundancia absoluta de cada grupo del zooplancton durante 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. a) y c) incluyendo todos los grupos; b) y d) sin incluir a los copépodos.	93
21	Abundancia relativa de cada grupo del zooplancton durante 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. a) y c) incluyendo todos los grupos; b) y d) sin incluir a los copépodos.	94
22	Variación estacional de la abundancia de los principales grupos del zooplancton durante ambos años de estudio en el Canal de Ballenas. La primera serie de cada gráfica corresponde a la primavera, verano y otoño de 2003 mientras que la segunda serie corresponde a la transición invierno-primavera, primavera, verano y otoño de 2004. Intervalos de confianza al 95%.	96
23	Variación estacional de la abundancia de los principales grupos del zooplancton durante ambos años de estudio en Bahía de los Angeles. La primera serie de cada gráfica corresponde a la primavera, verano y otoño de 2003 mientras que la segunda serie corresponde a la transición invierno-primavera, primavera, verano y otoño de 2004. Intervalos de confianza al 95%.	97

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Página
24	Comparación de la biomasa de zooplancton (Log ml/1000 m ³) y abundancia de eufáusidos (Log ind/1000 m ³) entre las muestras colectadas en los enjambres superficiales (Enjambres), y en los transectos realizados en Canal de Ballenas (CB) y Bahía de los Ángeles (BLA) durante 2003 y 2004. Intervalos de confianza al 95%.	102

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Esfuerzo de búsqueda, en horas y kilómetros, durante los recorridos de 2003 y 2004. No hubo diferencias significativas entre años ($p < 0.05$).	33
II	Índice de abundancia relativa del rorcual común por km (IAR/km) en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles durante 2003 y 2004. El índice se estimó como No. de animales por kilómetro navegado en la zona somera y la zona profunda durante los transectos lineales. Límites de Confianza (L.C.) al 95%.	38
III	Abundancia promedio anual de eufáusidos (Log individuos/1000m ³) en la región norte y sur del Canal de Ballenas durante 2003 y 2004. Límites de Confianza (L.C.) al 95%.	43
IV	Índice de abundancia relativa (IAR/h) anual y estacional del rorcual común en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles durante 2003 y 2004. Límites de Confianza (L.C.) al 95%. Se encontraron diferencias significativas entre años y entre estaciones de cada año ($p < 0.05$).	46
V	Abundancia media anual y estacional de eufáusidos (ind/1000 m ³) en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles durante 2003 y 2004. Los datos fueron transformados a logaritmos. Límites de Confianza (L.C.) al 95%. No se encontraron diferencias significativas entre años ($p > 0.05$) pero sí entre estaciones de cada año ($p < 0.05$).	49
VI	Abundancia y porcentaje de los adultos de <i>Nyctiphanes simplex</i> presentes en los enjambres superficiales diurnos. Longitud promedio ($\pm$ Desviación Estándar) de los organismos adultos.	75
VII	Abundancia y porcentaje de los diferentes estadios de desarrollo de <i>Nyctiphanes simplex</i> en los enjambres superficiales diurnos. Longitud promedio ($\pm$ desviación estándar) y proporción de sexos de los organismos adultos.	100

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Los misticetos (ballenas y rorcuales) son organismos filtradores. Su alimento consiste principalmente de crustáceos planctónicos o micronectónicos y/o pequeños peces pelágicos, por lo que se consideran como planctófagos (Gaskin, 1982). Nemoto (1959) menciona que los rorcuales son preferentemente consumidores de krill (eufáusidos), secundariamente de peces, con menor frecuencia consumen copépodos y ocasionalmente calamares. Puesto que la jerarquía de las preferencias parece estar basada en la concentración del alimento disponible en el medio, más que en la propia decisión de la ballena, la selección del alimento está determinada por la distribución de los organismos que conforman el inicio de la cadena alimentaria (Pivorunas, 1979). El análisis de la variación en la distribución de las especies clave del zooplancton, como lo son los eufáusidos y los copépodos calanoides, proporciona información básica sobre los patrones de distribución y movimientos de animales en niveles tróficos más altos (Gaskin, 1982).

Desde el punto de vista del manejo de recursos naturales, es deseable conocer si un cambio observado en el ambiente se debe a un efecto antropogénico o es causado por fluctuaciones u oscilaciones naturales. Sin embargo, a menudo es demasiado tarde para la obtención de esta información ya que los estudios de uso de área se inician cuando el cambio en el hábitat de los

mamíferos marinos ya ha ocurrido. Sin información básica sobre las características de estos hábitats es difícil interpretar la naturaleza y dinámica de los cambios registrados. Por ello, ésta es un área muy prometedora de investigación que contribuirá a predecir y medir la respuesta de estos organismos al cambio ambiental a diversas escalas (Stern, 1998; Ballance, 2002; Bjørge, 2002) y aportará elementos para su futura conservación y manejo (Bjørge, 2002).

La zona del Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles ofrece una excelente oportunidad para realizar este tipo de estudios ya que, a diferencia de otras regiones costeras del país con grandes desarrollos turísticos e industriales, en esta zona existe una baja actividad humana. El presente trabajo de tesis es parte integral del proyecto: "Diversidad, abundancia y distribución de cetáceos en Bahía de los Ángeles y Canal de Ballenas, Baja California" desarrollado por Investigación y Conservación de Mamíferos Marinos de Ensenada, A.C. (ICMME) y CICESE. La finalidad de este proyecto es proporcionar información científica referente a la diversidad, distribución y abundancia de estos mamíferos que contribuya a la elaboración de estrategias y diseño de planes de manejo encaminados a su conservación en esta región del Golfo de California. Un mejor conocimiento de la ecología alimentaria del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles contribuirá con la información requerida para la elaboración de dichos planes de conservación y manejo en la recién formada Reserva de la Biosfera Bahía de los Ángeles y Canales de Ballenas y Salispuedes (DOF, 2007).

I.1. Antecedentes

El rorcual común o ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) pertenece a la Familia Balaenopteridae (rorcuales). El nombre de rorcual hace referencia a la presencia de pliegues o surcos a nivel de la garganta, los cuales se distienden cuando el animal se alimenta. Esto le permite contener grandes cantidades de agua con alimento. El rorcual común del Pacífico norte mide de 18 a 22 m y alcanza una longitud máxima de 24 m. Presenta una aleta dorsal prominente (60 cm de altura) en el último tercio del cuerpo. Una característica diagnóstica de esta especie es su coloración asimétrica. La mandíbula inferior derecha, así como algunas barbas de ese mismo costado (de un tercio a un cuarto), son blancas mientras que el lado izquierdo presenta una coloración gris oscura, similar a la del resto del cuerpo. Frecuentemente tienen un área de color blanco grisáceo en forma de "V" ("chevron") en el dorso y un área clara denominada "blaze" que se encuentra sólo del lado derecho (Leatherwood y Reeves, 1983; Gambell, 1985; Leatherwood *et al.*, 1988; Agler *et al.*, 1990).

I.1.1. Distribución del rorcual común

El rorcual común habita en todos los océanos aunque muestra preferencia por zonas templado-frías (Leatherwood y Reeves, 1983). Aparentemente existen tres poblaciones geográficamente aisladas: 1) Atlántico norte, 2) Pacífico norte y 3) Hemisferio sur (Carwardine, 1995). En el hemisferio sur el rorcual migra entre zonas de alimentación en latitudes altas (verano) y zonas de reproducción en latitudes bajas (invierno). En el hemisferio norte se ha propuesto un

desplazamiento latitudinal similar pero en varias regiones este patrón no se conoce con precisión y se ha reconocido una población residente en el Mediterráneo (Leatherwood y Reeves, 1983; Gambell, 1985; Aguilar, 2002). En el Pacífico nororiental, los rorcuales comunes se distribuyen durante el verano desde el Mar de Bering y Golfo de Alaska hasta California Central y durante el invierno desde el sur de California hasta Cabo San Lucas (Leatherwood y Reeves, 1983). Sin embargo, son muy escasos los registros de esta especie en la costa occidental de la Península de Baja California (Urbán y Aguayo, 1985; Urbán 2000). Esto resalta más si se toma en cuenta que las aguas que rodean a la península registran una gran abundancia de una de sus principales presas, el eufáusido *Nyctiphanes simplex* (Brinton y Townsend, 1980; Lavaniegos, 1994, 1995).

En el Golfo de California el rorcual común es el misticeto más abundante y ampliamente distribuido (Vidal *et al.*, 1993) y se puede encontrar en todos los meses del año (Aguayo y Rojas-Bracho, 1983; Rojas-Bracho, 1984; Tershy *et al.*, 1993). Se conoce que se alimenta y reproduce en el Golfo de California por lo que no parece seguir el patrón migratorio entre zonas de alimentación y reproducción (Urbán *et al.*, 2005). Con base en evidencias de foto-identificación, genética, acústica y de marcas con señal vía satélite, se ha sugerido que la población del Golfo de California es residente y aislada de otras poblaciones del Océano Pacífico (Tershy *et al.*, 1993; Bérubé *et al.*, 2002; Urbán *et al.*, 2005).

I.1.2. Alimentación del rorcual común

La dieta de este rorcual en el Pacífico norte es más variada que la del hemisferio sur (Gaskin, 1982). La preferencia por el tipo de alimento puede cambiar dependiendo de la estación del año y la región geográfica (Nemoto, 1957, 1963; Kawamura, 1980, 1982). A pesar de que en análisis de contenidos estomacales, se han encontrado copépodos, peces y calamares, su alimento más frecuente son los eufáusidos (Nemoto, 1957, Kawamura, 1982). Cuando en una misma zona están presentes tanto peces como eufáusidos, el rorcual común selecciona como alimento a estos últimos (Collet 1911-1912; Tershy *et al.*, 1993).

En términos cuantitativos, el análisis de 1661 estómagos del rorcual común capturados en el Pacífico norte reveló la presencia de un 55-70% de eufáusidos y de 15-30% de copépodos (Kawamura, 1982). Numerosas especies de eufáusidos están presentes en el Pacífico norte (Brinton, 1962), sólo unas cuantas forman parte de la dieta del rorcual común. Entre las principales especies subárticas se encuentran: *Euphausia pacifica*, *Thysanoessa longipes*, *T. spinifera* y *T. inermis* (Kawamura, 1982). En la zona de transición del Pacífico norte está *E. recurva* mientras que en el Pacífico noroccidental *E. similis* y *E. nana* son presas importantes de este rorcual (Nemoto, 1973). Entre otros crustáceos planctónicos de importancia en su alimentación, también se ha reportado al sergéstido *Sergestes similis* en el Pacífico central (Kawamura, 1982). Dentro de los copépodos predomina *Calanus cristatus* y en menor grado *C. plumchrus* en la zona fría (Nemoto, 1963, 1973; Kawamura, 1982). Entre las especies de peces encontradas en los estómagos del rorcual común se han reportado las siguientes:

arenque del Pacífico (*Clupea pallisii*), abadejo de Alaska (*Theragra chalcogramma*), capelín (*Mallotus catervarius*), macarela (*Scomber japonicus*), anchoveta (*Engraulis japonica*), sardina japonesa (*Sardinops melanosticta*), una especie de mictófono (*Tarletonbeania taylori*) y una de pez espinoso (*Gasterosteus aculeatus*). También se han reportado los calamares *Ommastrephes sloani pacifius*, *Watasenia scintillans*, *Loligo opalescens* y larvas de *Berryteuthis anonychus* y *Gonatus* sp. (Nemoto, 1957, 1973; Kawamura, 1982).

La principal presa encontrada en los estómagos de los rorcuales comunes capturados frente a las costas de California central entre 1950 y 1960, fue el eufáusido *Euphausia pacifica*, mientras que sólo un 10% correspondió a anchoveta (Rice, 1963). En el Golfo de California se ha observado a este rorcual alimentándose de eufáusidos (Rojas-Bracho, 1984; Urbán, 1996; Croll *et al.*, 2001, 2002; Acevedo-Gutiérrez *et al.*, 2002), particularmente de la especie *Nyctiphanes simplex* (Gendron, 1992; Tershy *et al.*, 1993; Del Ángel-Rodríguez, 1997; Jaume, 2004; Urbán *et al.*, 2005). Sin embargo, existen algunos registros del rorcual común alimentándose de peces (p. ej. sardinas) en la región norte del golfo (Rojas-Bracho, 1984; Gendron, 1993).

Análisis realizados en heces del rorcual común procedentes del Golfo de California, mostraron una serie de restos quitinosos, escamas y otras estructuras duras. Su identificación arrojó la siguiente proporción de presas: 75% eufáusidos, 9.4% copépodos, 3.1% peces (Familia Blennidae, 3.1% zooplancton no identificado, 6.2% peces no identificados y 3.1% picos de calamar; Del Ángel-Rodríguez, 1997). El análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno

practicado en piel de este mysticeto sugirió que el rorcual común se alimenta principalmente de eufáusidos o peces, como la sardina, dependiendo de la época del año y la región del Golfo de California donde se encuentre (Gendron *et al.*, 2001; Jaume-Schinkel, 2004).

La distribución del rorcual común en el golfo, como la de otros mysticetos, está sin duda relacionada con las zonas de surgencias y mezcla por fuertes corrientes de marea que soportan una productividad biológica alta (Vidal *et al.*, 1993). Durante el invierno y primavera el rorcual común se encuentra en la región sur del golfo y su abundancia disminuye durante el verano (Flores-Ramírez *et al.*, 1996; Del Ángel-Rodríguez, 1997; Jaume-Schinkel, 2004; Urbán *et al.*, 2005) cuando su presa principal, el eufáusido *Nyctiphanes simplex*, es menos abundante (Brinton y Townsend, 1980). Durante el verano este rorcual se distribuye principalmente en la región norte del golfo (Enríquez, 1996; Urbán, 1996), donde se ha observado alimentándose en superficie de eufáusidos y peces (Rojas-Bracho, 1984; Gendron, 1993). En el Canal de Ballenas se ha observado al rorcual común durante todo el año pero su abundancia fue máxima durante invierno y primavera (Breese y Tershy, 1993), en esta región se ha observado depredando sólo sobre eufáusidos (Tershy 1992; Tershy *et al.*, 1993). Urbán *et al.* (2006) colocaron marcas con señales vía satélite a 11 rorcuales comunes en la Bahía de La Paz, B.C.S. a finales de marzo de 2001. Tres de estos individuos se desplazaron hacia la región de las grandes islas durante el verano, donde los valores de clorofila fueron los más elevados dentro del golfo (datos sensores remotos Gulf SeaWis).

El hecho de que en el Golfo de California exista una población del rorcual común (estimada en 574 ± 129 individuos; Díaz, 2006) y que esté aislada de la del Pacífico nororiental (Bérubé *et al.*, 2002), implica que en este lugar encuentra suficiente alimento para permanecer a lo largo del año. A pesar de que se ha descrito al Canal de Ballenas como una región muy productiva y de gran relevancia para la ecología de forrajeo del rorcual común, no se han cuantificado ni estudiado de manera sistemática los cambios estacionales e interanuales en la abundancia de su presa principal, los eufáusidos. Lo anterior es indispensable para entender mejor los cambios en la abundancia del rorcual común y la importancia que la disponibilidad de los eufáusidos representa en la ecología alimentaria de este misticeto.

1.2. Planteamiento de la hipótesis de trabajo

La región de Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles es muy productiva y en ella se han registrado dos de las especies de eufáusidos (*Nyctiphanes simplex* y *Nematoscelis difficilis*; Brinton y Townsend, 1980) que son presa de los rorcuales, principalmente *N. simplex*. En esta zona convergen en el fondo corrientes que son compensadas en la superficie por divergencia, lo que genera una surgencia persistente ($\sim 5 \text{ m d}^{-1}$) en el canal (López *et al.*, 2006). Este mecanismo contribuye a que el Canal de Ballenas presente la temperatura superficial más baja dentro del golfo, así como una productividad primaria alta a lo largo del año. Sin embargo, la abundancia de ballenas reportada para esta zona presenta valores diferentes en el transcurso del año (Breese y Tershy, 1993). Esto quizá se deba a que no se ha realizado un esfuerzo de observación de rorcuales en toda el área similar en las cuatro estaciones del año y que en realidad los rorcuales sí están presentes en el canal pero no se han observado. Otra alternativa es que la cantidad de alimento disponible para estos organismos está sujeta a variaciones estacionales e interanuales tales que las mayores concentraciones de rorcuales se esperan encontrar durante los períodos de mayor abundancia de eufáusidos.

En lo referente al rorcual común (*Balaenoptera physalus*), a pesar del gran trabajo realizado sobre esta ballena en el Golfo de California, el esfuerzo de muestreo ha sido mayor durante el invierno y la primavera en la región sur del Golfo de California (Bahía de La Paz, Loreto, principalmente). Por otro lado, aunque se considera que la distribución y variación temporal de esta especie en el

Canal de Ballenas está influenciada por los cambios en la disposición de su alimento, hasta el momento no se han cuantificado ni relacionado los cambios estacionales entre la abundancia de su presa principal (eufáusidos) y la abundancia y distribución de este rorcual.

Hipótesis

Tomado en cuenta la dinámica oceanográfica y topografía accidentada del Canal de Ballenas y lo que se conoce sobre la alimentación del rorcual común, se espera observar que: 1) los cambios estacionales en la distribución y abundancia del rorcual común obedecen a las variaciones en la disponibilidad de su presa principal, los eufáusidos, 2) la máxima concentración de rorcuales ocurre durante la época cálida del año, y 3) hay zonas de alimentación del rorcual común asociadas a los quiebres en la plataforma continental.

I.3. Objetivos

I.3.1. Objetivo General

Establecer si existe una relación entre la distribución y abundancia de los eufáusidos y del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles, Baja California, a escala espacial y temporal, durante dos ciclos anuales (mayo 2003-diciembre 2004).

I.3.2. Objetivos particulares

1. Determinar la relación entre la distribución y la variación estacional e interanual de la abundancia de eufáusidos y el rorcual común (*Balaenoptera physalus*).
2. Determinar si los eventos de alimentación en superficie del rorcual común presentan una variación estacional asociada a la presencia de agregaciones superficiales de eufáusidos.
3. Identificar los grupos funcionales del zooplancton y la composición por especies y estado de desarrollo de los eufáusidos colectados en las diferentes estaciones del año.

I.4. Área de estudio

I.4.1. Canal de Ballenas

El Canal de Ballenas se extiende de los 28.3° a los 29.5°N en la región de las grandes islas. Hacia el este lo flanquean la Isla Ángel de la Guarda e Isla San Lorenzo y al oeste se encuentra la costa de Baja California (Fig. 1). El canal mide cerca de 125 km de longitud y su anchura en la parte más angosta es menor de 20 km (Álvarez *et al.*, 1984; Badan-Dangon *et al.*, 1985). La topografía de fondo del canal es muy irregular. Cosiste básicamente de una depresión alargada (Cuenca de Salsipuedes) que en su parte más profunda sobrepasa los 1500 m y está delimitada en los extremos norte y sur por umbrales de 600 y 400 m, respectivamente (López y García 2003; López *et al.*, 2006). En el umbral sur o de San Lorenzo el flujo promedio cerca del fondo es hacia el norte mientras que en el umbral norte o de Canal de Ballenas es hacia el sur (López *et al.*, 2006). Esta convergencia en la profundidad es compensada con una divergencia en la superficie, que genera una surgencia persistente dentro del canal cuya velocidad vertical promedio es de 5.8 m/d, que se traduce en un tiempo de residencia del agua profunda de 82 d (López *et al.*, 2006). Este patrón de circulación explica principalmente el hecho de que el Canal de Ballenas presente una columna de agua muy mezclada y las temperaturas superficiales más bajas del Golfo de California (López *et al.*, 2006).

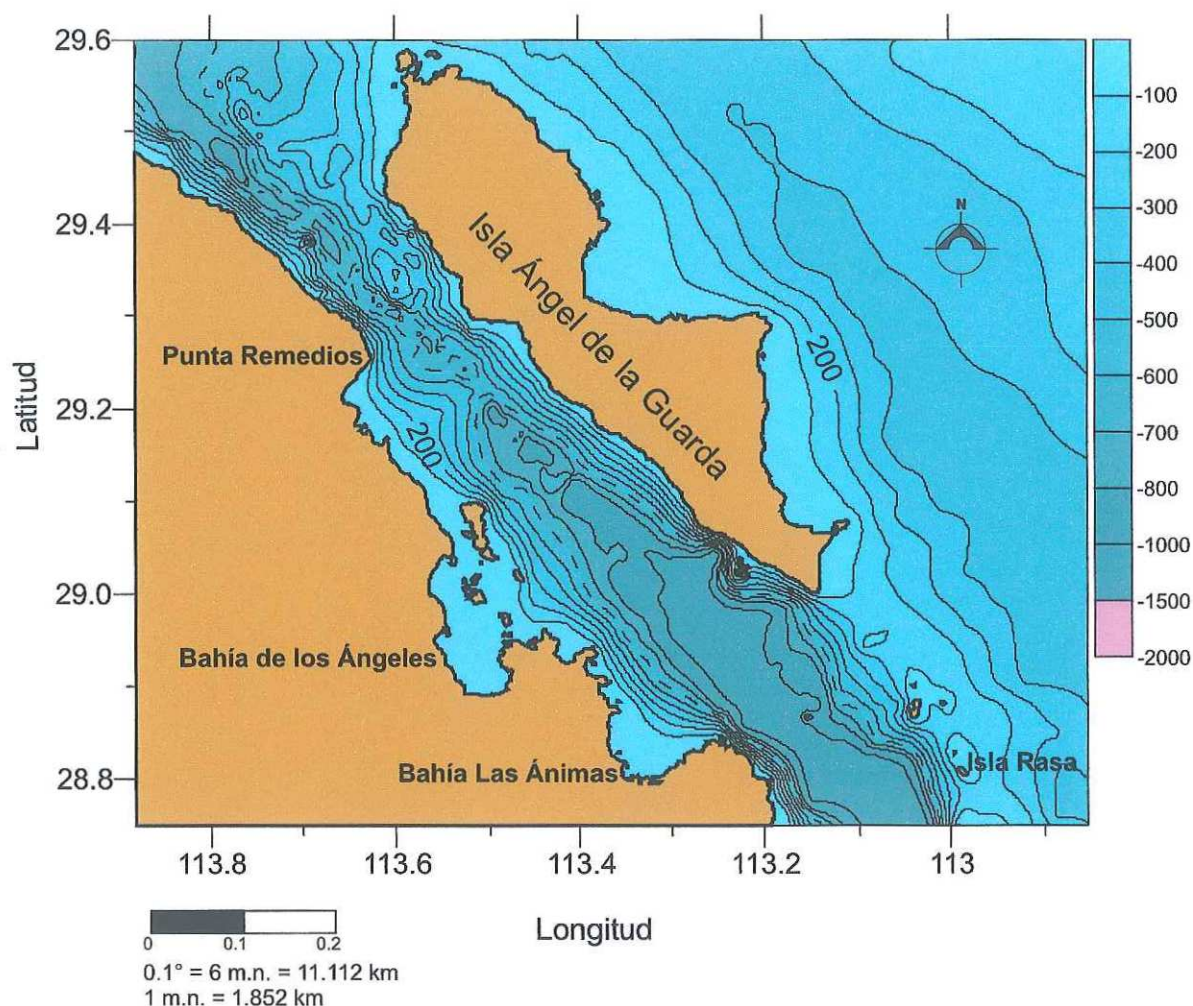


Figura. 1. Área de estudio, Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles (batimetría en m). Tomado de López *et al.*, 2006.

La salinidad del estrato superficial (0-150 m) se encuentra en un rango muy estrecho de 35.2 a 35.3 (Roden y Groves, 1959), que corresponde a la masa de Agua del Golfo de California (temperatura $\geq 12^{\circ}\text{C}$). Por debajo de esta masa de agua se encuentra el Agua Subsuperficial Subtropical, con salinidad de 34.4-35.0 y temperatura de 9-18°C. Esta última abarca un estrato de los 150 a 500 m de

profundidad, y contribuye con más del 70% del volumen total del canal (Torres, 1993; Romero-Centeno, 1995).

El Canal de Ballenas se caracteriza por la presencia constante de vientos transversales que penetran al canal a través de los descensos topográficos de las montañas de Baja California (Roden y Groves, 1959). Los vientos del noroeste que soplan frecuentemente durante el invierno (diciembre-febrero) y son moderados en la parte superior del golfo, resultan particularmente intensos en el Canal de Ballenas (Roden, 1964). Durante el verano, los vientos del sureste provocan surgencias y bajas temperaturas a lo largo de la costa de Baja California (Roden, 1964).

A partir del análisis de datos hidrográficos obtenidos de 31 campañas oceanográficas realizadas en el Golfo de California de 1939 a 1990, Romero-Centeno (1995) realizó una comparación de variables meteorológicas entre el Canal de Ballenas y las regiones adyacentes. El resultado fue la caracterización de cuatro regiones, una de ellas el Canal de Ballenas, que presenta la menor temperatura superficial (0-10 m) y la mayor rapidez del viento. En el Canal de Ballenas el promedio mensual de la temperatura superficial es más alto durante años El Niño en comparación con años donde no se presenta este fenómeno.

Otro aspecto peculiar del Golfo de California son las mareas. La circulación mareal se hace compleja a medida que avanza desde la boca del golfo hacia el norte, ya que al llegar a las islas Ángel de la Guarda y Tiburón, la progresión de las ondas tiende a acelerarse y a aumentar su amplitud debido a un efecto de encajonamiento. En el Canal de Ballenas y en toda la Cuenca Salsipuedes la

amplitud de la marea llega a alcanzar 4 m, lo que da como resultado velocidades muy rápidas de las corrientes cuando fluyen por los estrechos canales y sobre los umbrales (Roden y Groves, 1959; Paden *et al.*, 1991). Las velocidades máximas registradas en la zona norte del canal alcanzan 3 m/s longitudinalmente y de 0.5 m/s transversalmente (Álvarez *et al.*, 1984).

La fuerte mezcla que se produce en esta zona también propicia una concentración alta de nutrientes que a su vez genera tasas de producción primaria elevadas (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Millán-Núñez y Yentsch, 2000). Las concentraciones más altas de nitrato ($13 \mu\text{M}$) y silicato ($29 \mu\text{M}$) del Golfo de California han sido registradas en el Canal de Ballenas durante abril-mayo, superando la concentración de fosfatos de (1.7 a $2.0 \mu\text{M}$; Álvarez-Borrego y Lara-Lara 1991).

1.4.2. Bahía de los Ángeles

En el lado suroeste del Canal de Ballenas se localiza Bahía de los Ángeles. Es una bahía oblonga ubicada en la costa noreste de Baja California entre los 28.9° y 29.05° N y los 113.5° y 113.58° W y se encuentra protegida por 14 islas (Figs. 1 y 2). Es una bahía abierta hacia el Golfo de California, con amplia comunicación con el Canal de Ballenas. Mide 16 km de largo por 6.4 km en su parte más ancha y tiene una orientación NO-SE (Amador *et al.*, 1991). El fondo tiene forma de cuenca ligeramente inclinada de oeste a este (Barnard y Grady, 1968), con una pendiente suave y profundidades de 50 m en el centro de los canales que comunican con el Canal de Ballenas (Amador *et al.*, 1991) y de 40 m

en la porción centro-sur. Hacia la costa la cuenca se hace somera gradualmente llegando a los 20 m de profundidad (Barnard y Grady, 1968).

La amplia comunicación de la bahía con el Golfo de California ocasiona que las corrientes provocadas por la marea dentro del cuerpo de agua sean relativamente lentas, (del orden de 3 cm/s), del interior hacia la boca (Barnard y Grady, 1968). A diferencia de lo anterior, las corrientes inducidas por el viento local muestran magnitudes altas, de hasta 25 cm/s en algunas áreas (Amador *et al.*, 1991).

Bahía de los Ángeles presenta una marcada variación estacional en el sistema de vientos (Amador *et al.*, 1991). Una extensión de la Sierra de San Borja que flanquea la costa oeste produce aparentemente una deflexión de los vientos provenientes del norte y el oeste, cambiando su dirección hacia el oeste y el sur conforme pasan a través de las montañas hacia la costa. Los vientos intensos pueden generar grandes olas desplazándose hacia el oeste a través de los canales entre las islas. En ocasiones, vientos del sur y noroeste coinciden en el mar, frente al poblado de Bahía de los Ángeles, y generan pequeños chorros de agua sobre la superficie del mar (Barnard y Grady, 1968).

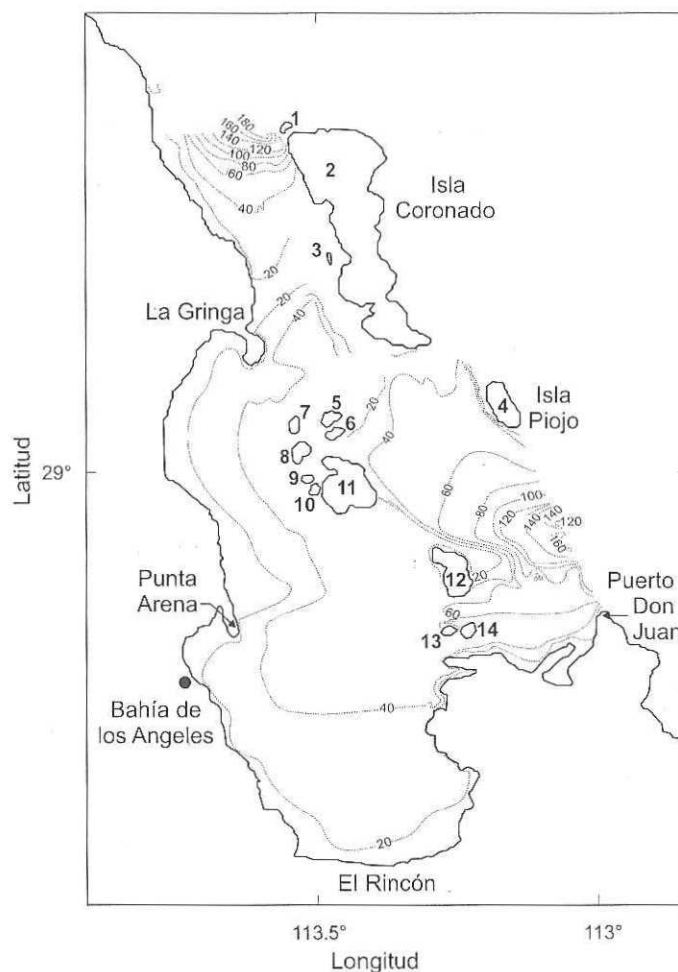


Figura 2. Islas de Bahía de los Ángeles (batimetría en m). (1) Coronadito, (2) Coronado, (3) Mitlán, (4) Piojo, (5) Pata, (6) Bota, (7) Jorobado, (8) Flecha, (9) Llave, (10) Cerraja, (11) Ventana, (12) Cabeza de Caballo, (13) Gemelo Oeste, (14) Gemelo Este. Modificado de Barnard y Grady, 1968.

Durante el invierno los vientos dominantes son del norte y noroeste y generan una circulación con entrada principal entre punta La Gringa e isla Ventana, con flujo hacia el SO paralelo a la costa, que se extiende hasta El Rincón y tiene salida de la bahía por el canal sur (Amador *et al.*, 1991). En el verano los

vientos dominantes son del este y sureste con la entrada principal del flujo de agua por el canal sur el cual se divide en dos ramas, una que se dirige hacia el oeste y la otra hacia el sur dándole vuelta a toda la bahía (Amador *et al.*, 1991). La primavera y el otoño son estaciones con grandes variaciones en la dirección e intensidad del viento, con periodos largos de calmas dominados por brisas. Los vientos del oeste son los más intensos del año, aunque se presentan de forma esporádica y la circulación forzada por este viento es similar a la encontrada en el invierno (Amador *et al.*, 1991).

En cuanto a la temperatura superficial, Barnard y Grady (1968) registraron el valor mínimo en febrero ($< 15^{\circ}\text{C}$) y el máximo en agosto (29.8°C). Gilmartin y Revelante (1978) reportaron valores superficiales máximos de la concentración de nutrientes en agosto de $5.04\ \mu\text{M}$ de NO_3 ($0.61\ \mu\text{M}$ en promedio) y de $2.24\ \mu\text{M}$ de Po_4 ($1.11\ \mu\text{M}$ en promedio) y estimaron una productividad primaria promedio de $5.0\ \text{mg/C/m}^3/\text{h}$.

CAPÍTULO II

II. Relación entre la distribución y abundancia de los eufáusidos y el rorcual común

II.1. Resumen

El objetivo del presente capítulo fue determinar la relación entre la distribución y la variación estacional e interanual (2003-2004) de la abundancia de eufáusidos y el rorcual común. La metodología incluyó la realización de cuatro salidas de campo por año (invierno-primavera, primavera, verano y otoño) durante las cuales se llevaron a cabo: (1) transectos lineales, (2) navegaciones y (3) arrastres superficiales de zooplancton desde embarcaciones menores (6 m). Se calculó el índice de abundancia relativa (IAR) de rorcuales por km navegado (IAR/km) y por hora de esfuerzo de búsqueda (IAR/h). Se navegó un total de 70 días en ambos años de estudio con un esfuerzo promedio ($\pm$ DS) de búsqueda de 3.6 ± 1.4 h/d para 2003 y de 3.2 ± 1.6 h/d para 2004. *Nyctiphanes simplex* fue el eufáusido presente en las muestras de zooplancton. El menor número de rorcuales correspondió a la región norte del Canal de Ballenas y a Bahía de los Ángeles, donde también se registraron abundancias bajas de *N. simplex*. La presencia de los rorcuales fue más constante en la región sur del canal donde también la abundancia de eufáusidos fue más alta. Principalmente los rorcuales se observaron en las aguas someras de la entrada oriental de Bahía de los Ángeles que conecta con el Canal de Ballenas,. El rorcual común fue significativamente más abundante durante 2004 (2.07) que en 2003 (0.39; $U = 878.5$, $p < 0.001$). En cada año se encontraron diferencias estacionales significativas del IAR/h (2003: H

($3, n = 69$) = 13.84, $p = 0.003$; 2004: $H_{(3, n = 69)} = 22.68, p < 0.001$) con una tendencia similar. La mínima abundancia ocurrió durante el otoño y la máxima durante la transición invierno-primavera y el verano. Aunque la abundancia media de eufáusidos (ind/1000 m³) fue más alta durante 2004 que durante 2003, la diferencia no fue significativa ($U = 1202.5, p = 0.087$). A escala estacional la abundancia de eufáusidos disminuyó de la primavera al otoño. Tanto el rorcual común como los eufáusidos presentaron una abundancia pobre en el otoño pero hay un desfase de unas semanas entre la abundancia máxima de eufáusidos (mayo-junio) y de rorcuales (julio). Los cambios estacionales e interanuales en la abundancia de rorcuales y eufáusidos pueden ser un indicador de la productividad de esta región del Golfo de California, aunque estudios a largo plazo son necesarios para precisar esta relación.

II.2. Introducción

El primer estudio y el único que documenta la variación estacional de los eufáusidos del Golfo de California es el de Brinton y Townsend (1980), el cual estuvo basado en los cruceros de CalCOFI realizados en 1957. Entre los hallazgos de estos autores fue el encontrar que dos especies de afinidad alta a aguas templadas fueron las dominantes en el golfo: *Nyctiphanes simplex* y *Nematoscelis difficilis*. Si bien estas especies se reproducen todo el año, lo hacen con mayor intensidad en invierno y primavera, ya que en los cruceros de febrero y abril tuvieron su mayor abundancia. La distribución de estas dos especies es bastante extensa en el golfo y solo se retrae un poco en sus extremo norte y sur

hacia el verano. En el caso de *N. difficilis* también se observaron diferencias entre las costas continental y peninsular del golfo. Obviamente hay una relación entre la abundancia y distribución de las especies de eufáusidos del golfo y la temperatura del mar (Brinton y Townsend, 1980), la cual presenta los cambios menos extremos en la zona de las grandes islas (López *et al.*, 2006).

Los eufáusidos constituyeron entre el 5 y 7 % del volumen de biomasa del zooplancton del Golfo de California colectado en 1959 (Brinton *et al.*, 1986). Proporciones similares fueron estimadas durante 1984, con un máximo de 7.6% durante la primavera (Gendron, 1990). Esta autora observó que la especie dominante *N. simplex* formaba agregaciones superficiales diurnas a lo largo de la costa oriental de Baja California Sur, en torno a una serie de islas (del Carmen, Danzante y Monserrat), así como en la Bahía de La Paz. Dichas agregaciones diurnas, de las cuales se alimenta la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) ocurrieron entre febrero y abril. Además de la ballena azul, el rorcual común (*B. physalus*) también se alimenta primariamente de *N. simplex*, ya que se encontraron formas juveniles y adultas de este eufáusido en muestras fecales colectadas en la Bahía de La Paz (Del Ángel-Rodríguez, 1997). Croll *et al.* (1995) observaron que grupos del rorcual común cercanos a la costa se alimentaban de densidades altas de eufáusidos (probablemente *N. simplex*) a profundidades entre 100 y 150 m. Es muy probable que la variabilidad en abundancia del rorcual común en la Bahía de La Paz se deba a la disponibilidad del alimento (Enríquez, 1996; Flores-Ramírez *et al.*, 1996; Urbán *et al.*, 1997).

Estudios realizados en el Canal de Ballenas indicaron que la mayoría de los rorcuales comunes estuvieron de paso por el área excepto cuando se alimentaban, a diferencia de la ballena Minke (*Balaenoptera acutorostrata*) que sí pareció ser residente de esta zona (Tershy *et al.*, 1993). Estos estudios también reportaron a *N. simplex* como la única presa identificada, tanto en los eventos de alimentación en superficie como en el análisis de muestras fecales, del rorcual común (Tershy, 1992; Tershy *et al.*, 1993). Sin embargo, también hay indicios de que los rorcuales comunes además ingieren peces pequeños. Por ejemplo, en la región norte del golfo, Gendron (1993) reportó avistamientos de dos grupos de rorcuales comunes (6 y 8 individuos) alimentándose en la superficie de peces pequeños (probablemente sardinas). Posteriormente, durante 1993-1995 se reportaron 40 eventos de alimentación en el Golfo de California, de los cuales 24 mostraron un predominio de eufáusidos (96%) y el resto de peces pelágicos menores (Urbán, 1996). El análisis de isótopos estables ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$) de muestras de piel de *B. physalus*, registró presas de dos niveles tróficos diferentes, eufáusidos y peces (Gendron *et al.*, 2001). Aparentemente, el rorcual común depreda sobre peces durante el otoño e inicios del invierno y sobre eufáusidos al final del invierno en el Golfo de California (Gendron *et al.*, 2002; Jaume-Schinkel, 2004).

Dado que la abundancia del rorcual común varía estacionalmente, así como interanualmente, en las diferentes regiones del Golfo de California, es importante profundizar en los estudios regionales y poner a prueba la hipótesis de que estas variaciones obedecen a la variabilidad en la disponibilidad de alimento. El objetivo

del presente capítulo es determinar la relación entre la distribución del rorcual común y los eufáusidos y su variación estacional e interanual.

II.3. Metodología

II.3.1. Trabajo de Campo

Se llevaron a cabo cuatro salidas de campo durante 2003 y 2004 con el objetivo de cubrir las cuatro estaciones del año (Tabla IV). Cada salida tuvo una duración aproximada de un mes, dependiendo de las condiciones climáticas adecuadas para navegar. Debido a que la salida de invierno inició en la segunda o tercera semana de marzo, la estación de muestreo correspondió más propiamente a la estación de transición invierno-primavera.

Se realizaron navegaciones y transectos lineales (Fig. 3) en embarcaciones de fibra de vidrio de 6 m de eslora y motor fuera de borda. En dos estaciones por cada transecto se efectuaron arrastres de zooplankton, las estaciones se fijaron de manera que una correspondiera a la zona somera (0-200 m) y otra a la zona profunda (201-1400 m).

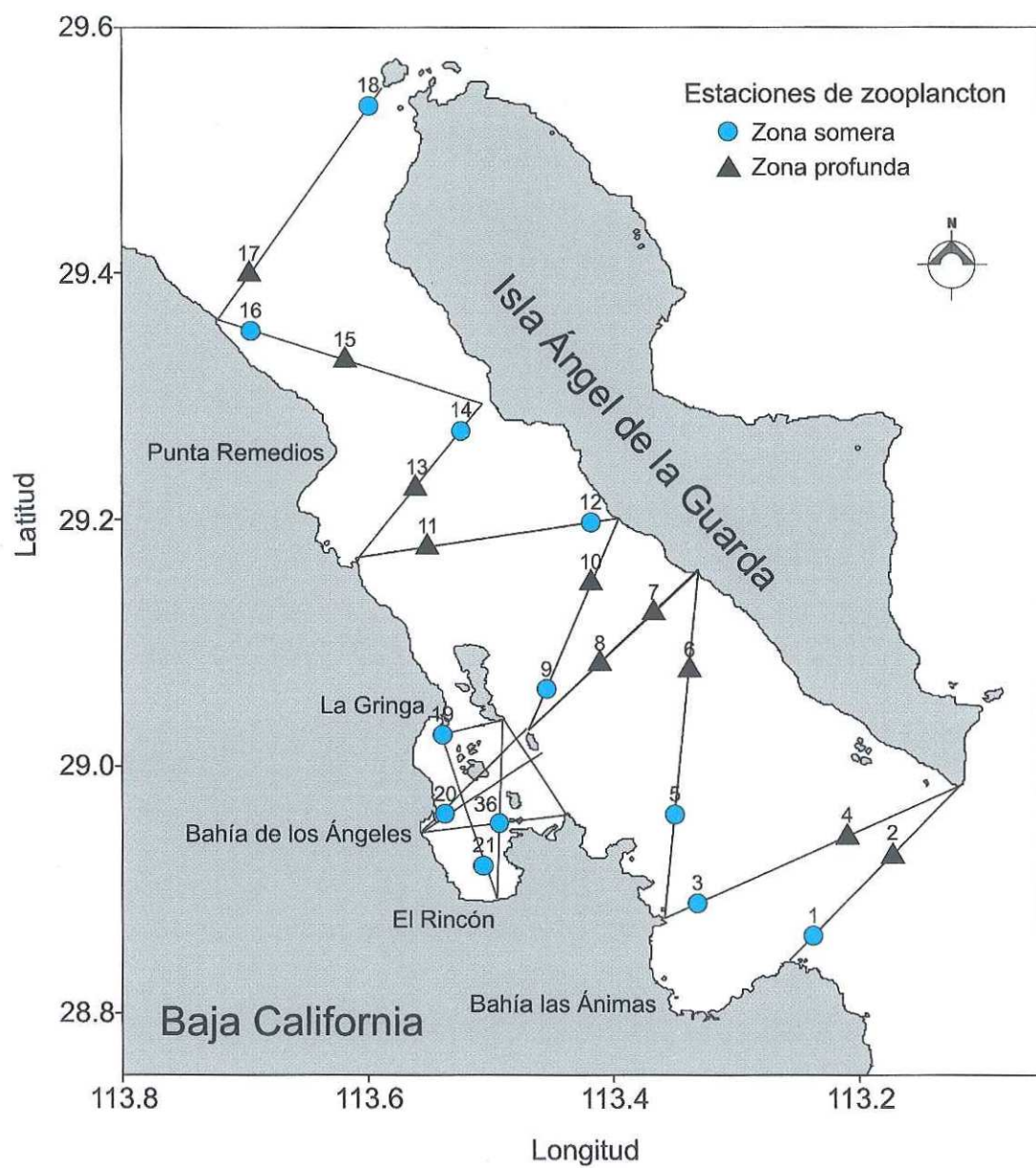


Figura 3. Transectos lineales y estaciones de muestreo de zooplancton.

II.3.1.1. Distribución y abundancia de rorcuales

Para conocer la distribución del rorcual común en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles se realizaron transectos lineales en zig-zag (Fig. 3). Los transectos fueron diseñados perpendiculares a los contornos de batimetría para que la probabilidad de encontrar misticetos a través de toda el área de estudio fuera aleatoria (Buckland *et al.*, 1993). La velocidad de navegación fue de 14-16 km/h y el orden en el cual se realizaron los transectos fue diferente en cada salida. Un equipo de cuatro a cinco observadores (mínimo un observador en cada lado) realizaba una búsqueda continua de rorcuales tanto a simple vista como con binoculares Fujinon 7 X 50. El área de búsqueda abarcó la región directamente enfrente de la embarcación y 90° a la derecha e izquierda.

Para conocer la variación temporal del rorcual común en el área de estudio también se realizaron navegaciones sin un rumbo predeterminado, las cuales se llevaron a cabo a una velocidad de 16-30 km/h y no siempre fueron perpendiculares a los contornos de batimetría. Las navegaciones se realizaron cuando: (1) sólo se contaba con uno o dos observadores, (2) el viento y condiciones del mar no permitían terminar o iniciar un transecto y (3) durante los desplazamientos entre la base (Poblado Bahía de los Ángeles) y el punto inicial o final de un transecto.

Para el análisis de la distribución se emplearon sólo los datos de los transectos lineales mientras que para el análisis de la variación temporal se emplearon los datos tanto de los transectos lineales como de las navegaciones. Se navegó un total de 70 días en ambos años de estudio y diariamente se

registraron las horas de inicio y de término de la navegación. El número de días navegados fue variable en cada estación del año (9-26 días) con un esfuerzo de búsqueda de rorcuales promedio ($\pm$ DS) de 3.6 ± 1.4 h/d para 2003 y de 3.2 ± 1.6 h/d para 2004.

El esfuerzo de búsqueda se consideró como el tiempo invertido en buscar a los rorcuales. Este esfuerzo se interrumpía durante los avistamientos y se reiniciaba al término de los mismos. El esfuerzo de búsqueda cesaba cuando las condiciones del mar excedían el nivel 3 en la escala Beaufort (velocidad del viento = 5.4 m s^{-1} y altura de las olas = 1 m).

Un avistamiento fue definido como la observación de uno o más rorcuales que permanecían juntos durante un periodo (15-120 min) interactuando y mostrando una conducta similar (p. ej. apneas simultáneas, nado con una misma dirección y rumbo, etc.). La distancia máxima entre uno y otro individuo de un mismo avistamiento fue considerada de 500 m.

El esfuerzo de búsqueda se suspendía una vez que se observaba uno o más rorcuales, procediendo a aproximar la embarcación a los animales e iniciar el avistamiento. Primeramente se identificaba la especie de rorcual avistada y posteriormente se contaba el número de individuos. La posición exacta del avistamiento se obtuvo por medio de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Estos datos, además de la hora de inicio y término del avistamiento, las condiciones ambientales (temperatura superficial del mar, estado del mar) se

registraron en formatos y posteriormente se ordenaron en una base de datos computarizada.

II.3.1.2. Abundancia y distribución de eufáusidos.

La presencia de eufáusidos se registró mediante la colecta de muestras de zooplancton realizando arrastres superficiales horizontales con una red de plancton cónica (50 cm de diámetro y luz de malla de 200 μm). Se realizaron dos arrastres en cada transecto (zona somera y profunda; Fig. 3) y se llevaron a cabo a una velocidad constante de 5 km/h. El tiempo promedio ($\pm$ DS) de arrastre fue de 10.5 ± 0.7 min para la estación de transición invierno-primavera de 2003 y de 5 ± 1 min para el resto de las muestras de 2003 y 2004. A partir de la comparación de las muestras colectadas en los dos primeros periodos (invierno-primavera y primavera de 2003) se decidió que la duración óptima de los arrastres de zooplancton sería 5 minutos ya que se obtenía una muestra representativa de los eufáusidos y se evitaba que la red se colmatara. El volumen de agua filtrada durante cada arrastre de zooplancton se calculó con base en el diámetro de la boca de la red y la duración y velocidad del arrastre. El volumen promedio ($\pm$ DS) de agua filtrada fue de $172 \pm 12 \text{ m}^3$ para la estación de transición invierno-primavera de 2003 y de $79 \pm 19 \text{ m}^3$ para el resto de las muestras de 2003 y 2004. Las muestras se preservaron en formaldehído al 4% y una solución saturada de borato de sodio como amortiguador. El total de muestras de zooplancton colectadas fue de 54 para 2003 y de 77 para 2004.

En cada punto de muestreo se registró la temperatura superficial del agua con un termómetro de cubeta. También se usaron datos satelitales de temperatura superficial del mar, proporcionados por el programa Ocean Color Web (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>). Puesto que la variación estacional de la temperatura superficial del mar corresponde a la variación más regular y conspicua de cualquier propiedad del océano (Wyrski, 1965), los datos de la temperatura del mar se emplearon como evidencia del cambio estacional. El número de registros de temperatura superficial del mar fue de 270 para 2003 y de 343 para 2004.

II.3.2. Trabajo de Laboratorio.

Debido a la alta abundancia de eufáusidos, el conteo de zooplancton se realizó en una fracción de la muestra (entre 1/16 y 1/64) obtenida con ayuda de un separador de plancton Folsom (McEwen *et al.*, 1954). Los eufáusidos presentes en cada fracción fueron contados e identificados a nivel de especie de acuerdo a Boden (1951) y Brinton *et al.* (2000). También se identificaron las fases de vida de *N. simplex*: calítopis, furcilia, juveniles y adultos (Fig. 4; Boden, 1950; Brinton *et al.*, 2000).

Para el análisis de la distribución del rorcual común en el área de estudio sólo se emplearon los datos referentes a los transectos lineales ya que representan un muestreo sin sesgo hacia alguna zona particular del Canal de Ballenas. A cada avistamiento se le asignó una profundidad con ayuda de un mapa digitalizado de la batimetría del Canal de Ballenas (López *et al.*, 2006). Los avistamientos fueron agrupados en zona somera o de plataforma (0-200 m) y zona profunda (201-1400 m) con fines comparativos. Se calculó un índice de abundancia relativa de rorcuales por kilómetro navegado para ambos estratos de profundidad (IAR/km). Ambos grupos de índices se compararon mediante la prueba no paramétrica *U* de Mann-Whitney (Siegel, 1990) para conocer si la diferencia entre ambos índices era estadísticamente significativa.

Para el análisis de la variación temporal del rorcual común a escala semanal, estacional y anual se emplearon los datos tanto de los transectos lineales como de las navegaciones. A partir de la información obtenida durante ambos tipos de navegaciones se estimó un índice de abundancia relativa calculado como el número de animales por hora de esfuerzo de búsqueda (IAR/h) y se estimó para cada día de navegación. Para conocer si la abundancia relativa a escala estacional presentaba diferencias estadísticamente significativas se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar, 1996). La prueba *a posteriori* Newman-Keuls se usó para identificar las estaciones del año entre las cuales las diferencias fueron estadísticamente significativas. La comparación entre años de la abundancia relativa se hizo mediante la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Siegel, 1990).

La abundancia de eufáusidos se estandarizó a número de individuos por 1000 m³, y debido a su falta de normalidad se usaron pruebas estadísticas no paramétricas para hacer comparaciones temporales. Para comparar entre años se usó la prueba de Mann-Whitney y la comparación entre estaciones del año se hizo con el análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis (Siegel, 1990). Para determinar si existía una correlación entre la abundancia estacional y anual de rorcuales y eufáusidos se empleó el análisis de correlación por rangos de Spearman (Siegel, 1990). En las gráficas se usaron promedios de abundancia e intervalos de confianza basados en datos transformados con la función: $\log(x + 1)$.

Con el fin de comparar la abundancia promedio de eufáusidos entre la región norte y sur del Canal de Ballenas, se consideró a las estaciones de zooplancton ubicadas entre las latitudes 29.15- 29.4°N como pertenecientes a la región norte y a las ubicadas entre los 28.8-29.14°N como pertenecientes a la región sur (Fig. 3). Para la comparación entre regiones se usó la prueba de Mann-Whitney.

Para ubicar en el área de estudio las estaciones de zooplancton que representaban una mayor biomasa de eufáusidos se emplearon las muestras que contenían organismos juveniles y adultos de *N. simplex*. Para estimar la biomasa (peso seco) se empleó la función propuesta por Lavaniegos (1995):

$$(L^{2.856})(0.00216) = \text{mg} \quad (1)$$

Donde L es la longitud corporal en mm. La biomasa de cada muestra se dividió entre el volumen de agua filtrada y se multiplicó por 1000 para estandarizarla a mg/1000 m³.

Comparaciones interanuales de la temperatura superficial del mar fueron hechas con la prueba t de Student tanto en los datos registrados *in situ* durante las navegaciones como con los promedios semanales de los datos medidos por satélite (enero 2003-diciembre 2004). En todas las pruebas estadísticas se consideró un nivel de significación (α) de 0.05.

II.4. Resultados

A pesar de que el tiempo invertido en el esfuerzo de navegación fue diferente en cada año de estudio (Tabla I; Fig. 5), no hubo diferencias significativas entre el total de horas de esfuerzo llevado a cabo durante: (1) los transectos lineales de 2003 y 2004 ($t = 0.77$, $g.l. = 138$, $p = 0.441$), (2) las navegaciones de 2003 y 2004 ($t = 0.86$, $g.l. = 138$, $p = 0.391$) y (3) la suma de ambos (transectos lineales + navegaciones; $t = 1.28$, $g.l. = 138$, $p = 0.203$). Por lo anterior, el esfuerzo de búsqueda entre años fue similar y comparable.

En ambos años de estudio, durante los transectos lineales se navegó en la zona somera y en la zona profunda. Durante los transectos de 2003 se navegaron un total de 631 km en aguas someras y de 832 km en aguas profundas; mientras que en 2004 se recorrieron 733 y 717 km en aguas someras y profundas, respectivamente.

Tabla I. Esfuerzo de búsqueda, en horas y kilómetros, durante los recorridos de 2003 y 2004. No hubo diferencias significativas entre años ($p < 0.05$).

Año	Esfuerzo en horas		Esfuerzo en Km	
	Transectos lineales	Navegaciones	Transectos lineales	Navegaciones
2003	104	150	1463	3193
2004	91	138	1450	3184

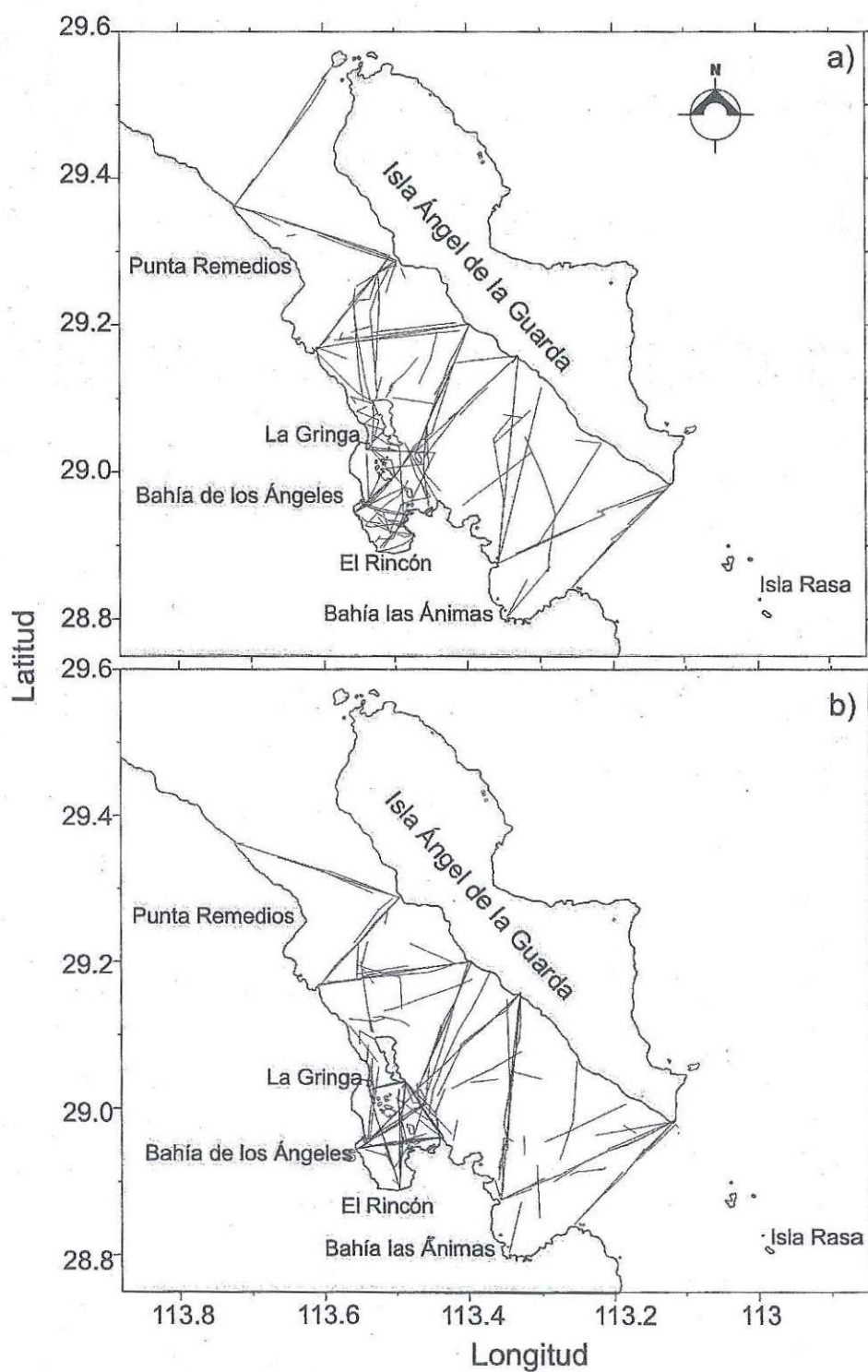


Figura 5. Transectos lineales realizados durante 2003 (a) y 2004 (b) en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.

1.4.1. Distribución del rorcual común.

El rorcual común se observó en toda el área de estudio durante los transectos lineales. Sin embargo, su presencia fue más constante al sur de la latitud 29.2°N y hacia la costa de la Península de Baja California (Figs. 6 y 7). Principalmente se observó en aguas adyacentes al sur de Isla Coronado y en la entrada oriental de Bahía de los Ángeles que conecta con el Canal de Ballenas. La tendencia de las ballenas a concentrarse en esta región fue más evidente en 2004 (Fig. 7) que en 2003 (Fig. 6).

En 2003 se observó que la abundancia relativa de rorcuales (IAR/km) fue similar en aguas someras y en aguas profundas (Fig. 6) y la comparación del IAR entre estas zonas no mostró diferencias estadísticamente significativas ($U = 985.0$, $p = 0.466$). Aunque en 2004 se observaron más rorcuales en aguas someras que profundas (Fig. 7), la diferencia entre ellas no fue significativa ($U = 712.5$, $p = 0.643$) probablemente debido a la gran variabilidad entre los valores del IAR/km (Tabla II). Considerando las zonas somera y profunda separadamente si se observaron algunas diferencias interanuales: (1) en las aguas de la zona profunda el IAR/km fue casi el mismo para ambos años de estudio (Tabla II; $U = 623.5$, $p = 0.434$); (2) el valor del IAR/km en aguas de la plataforma continental mostró valores significativamente más altos en 2004 que en 2003 ($U = 897.0$, $p = 0.044$). Es decir, además de que hubo más rorcuales comunes durante 2004, estos estuvieron principalmente en aguas de la plataforma continental.

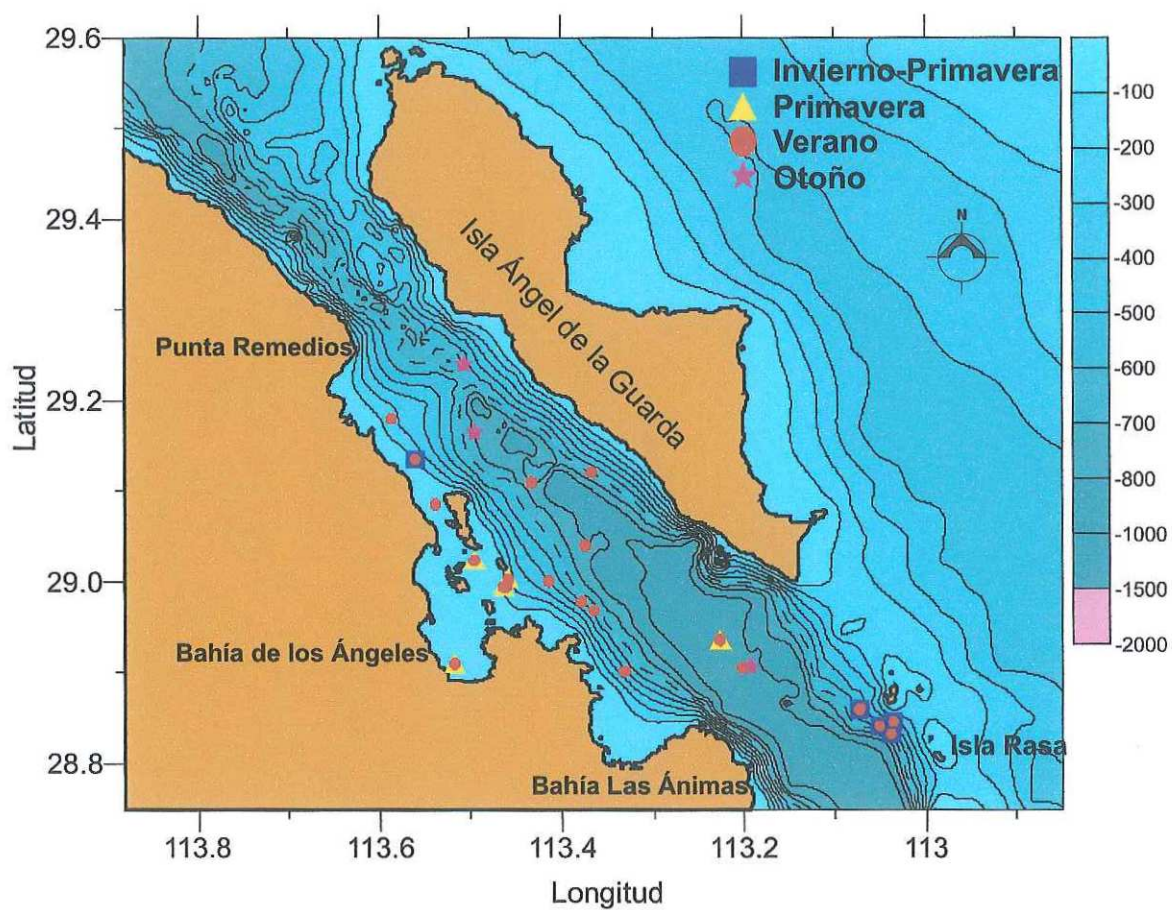


Figura 6. Avistamientos del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) durante los transectos lineales de 2003 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.

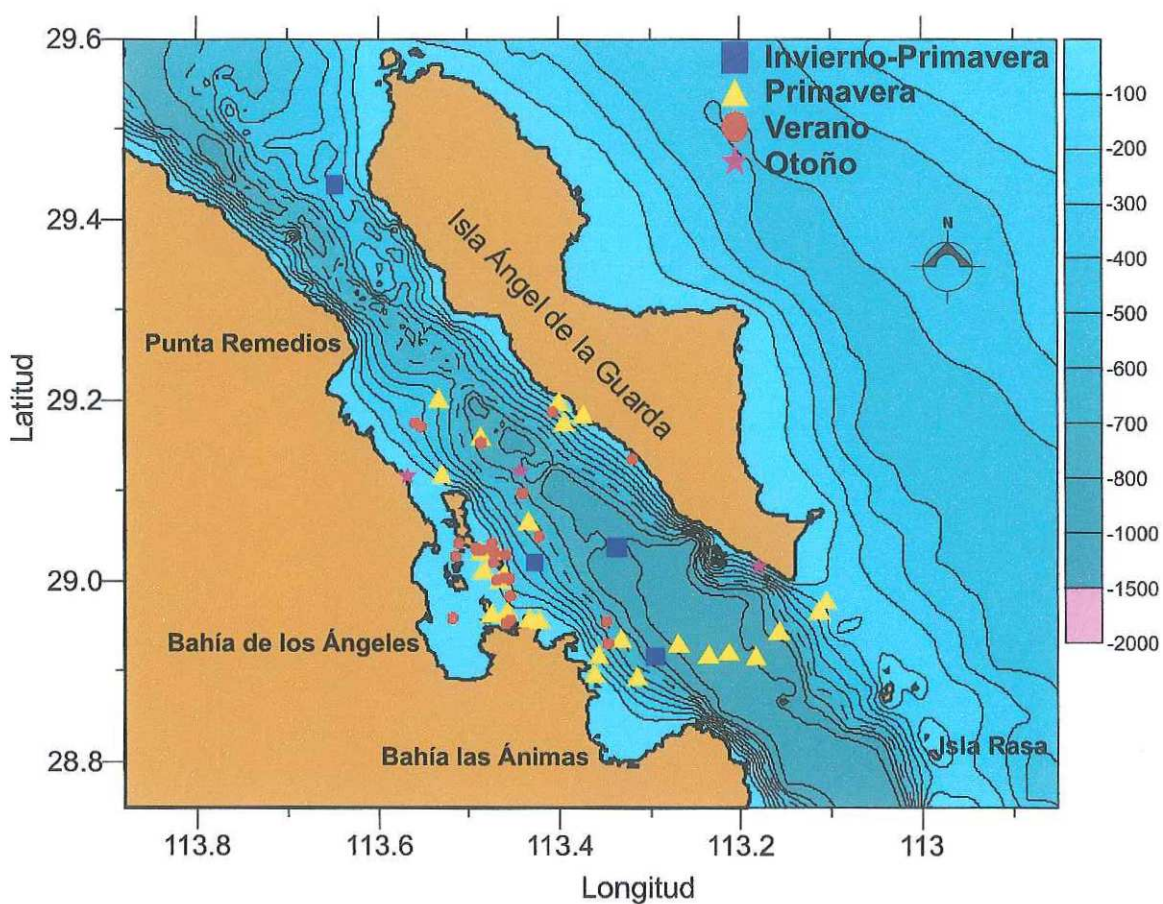


Figura 7. Avistamientos del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) durante los transectos lineales de 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.

Tabla II. Índice de abundancia relativa del rorcual común por km (IAR/km) en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles durante 2003 y 2004. El índice se estimó como No. de animales por kilómetro navegado en la zona somera y la zona profunda durante los transectos lineales. Límites de Confianza (L.C.) al 95%.

Año	(IAR/km) Zona Somera	L.C. 95%	(IAR/km) Zona Profunda	L.C. 95%
2003	0.04	(0.00-0.07)	0.10	(0.00-0.22)
2004	0.85	(0.00-2.02)	0.11	(0.00-0.25)

II.4.2. Distribución de los eufáusidos.

En todas las muestras de zooplancton que contuvieron eufáusidos, estuvo presente *Nyctiphanes simplex*, principalmente se observaron larvas del estadio tercero de caliotopis (C₃; Fig. 4). Se identificaron unos cuantos eufáusidos de otras especies (*Nematoscelis difficilis*, *Euphausia distinguenda*, *E. eximia*), los cuales constituyeron sólo el 0.1% del total. Por lo anterior, a partir de esta sección el término eufáusidos hará referencia exclusivamente a la especie *N. simplex*.

En general la distribución de los eufáusidos fue muy variable entre los periodos de muestreo (Figs. 8 y 9). Sin embargo, se observaron algunas diferencias en localidades específicas, como en Bahía de los Ángeles, donde la presencia de eufáusidos no fue constante y alcanzó un máximo durante el otoño de 2004. Con excepción de la primavera de 2004 (Fig. 8), la porción norte del Canal de Ballenas fue la más pobre en eufáusidos a través del estudio,

registrando una ausencia total de eufáusidos en el otoño de 2003 (Fig. 9). La estación de transición invierno-primavera de 2004 presentó ocho muestras sin eufáusidos (Fig. 8) pero no se distinguió ningún patrón específico de distribución.

Los promedios anuales de eufáusidos de 2003 y 2004 (Fig.10) también indicaron una baja abundancia en Bahía de los Ángeles con respecto al Canal de Ballenas. Al interior del canal, la abundancia promedio entre las regiones norte y sur (Fig. 10) también mostró diferencias cuando se analizaron separadamente los años de estudio (Tabla III). Así, la región sur del Canal de Ballenas presentó una abundancia más alta que la norte durante 2003 ($U = 14.0$, $p = 0.034$) pero no durante 2004 ($U = 18.0$, $p = 0.083$) probablemente debido a una mayor variabilidad en los valores registrados.

Sólo se estimó la biomasa en las 13 muestras que contuvieron organismos juveniles y adultos de *N. simplex*, y es interesante hacer notar que nueve de estas muestras se ubicaron más cerca de la costa de la península de Baja California que de la costa de Ángel de la Guarda (Fig. 11). Una prueba más concluyente requeriría un mayor número de muestras con las que no se cuenta en el presente estudio.

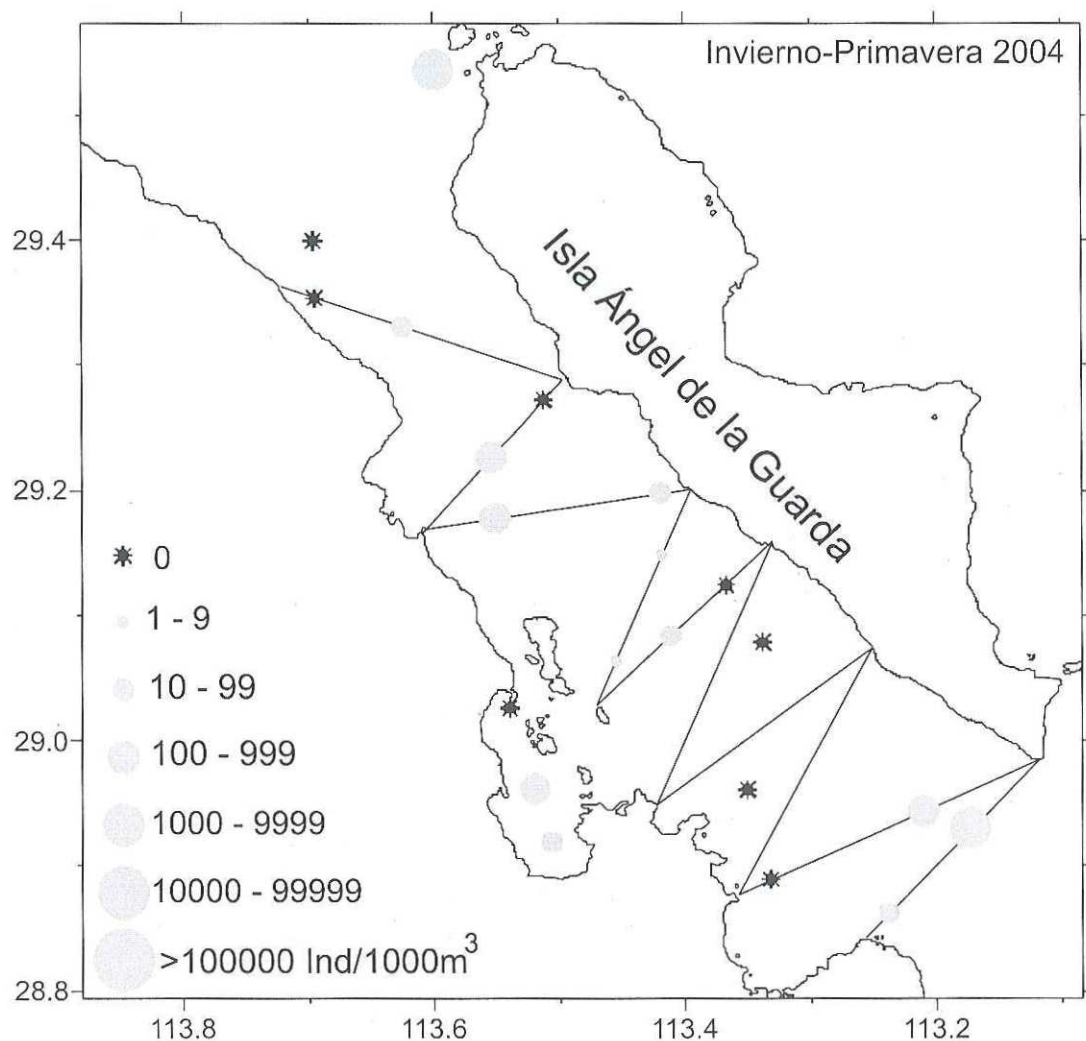


Figura 8. Distribución y abundancia de *Nyctiphanes simplex* durante la transición invierno-primavera de 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.

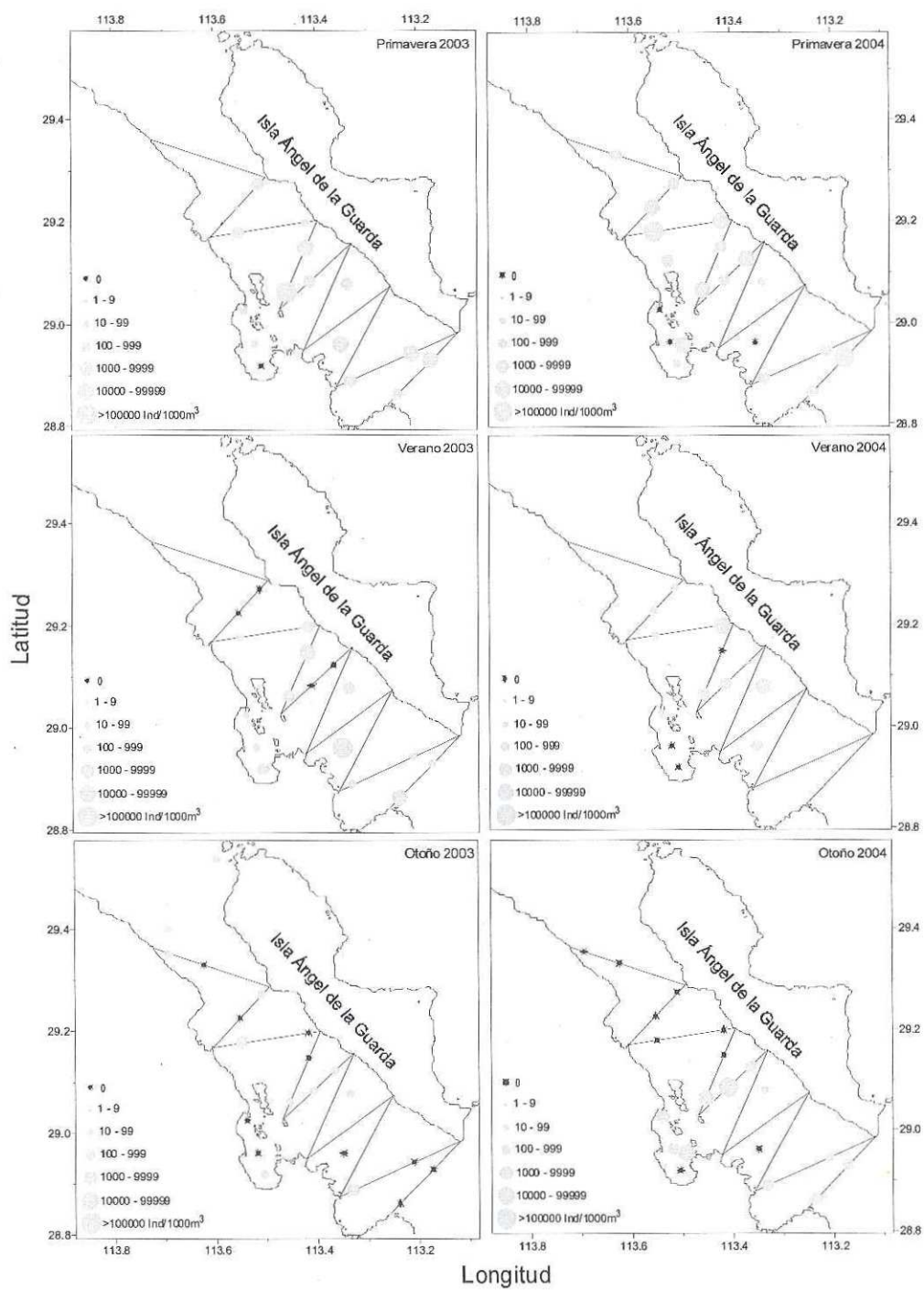


Figura 9. Distribución y abundancia de *Nyctiphanes simplex* durante la primavera, verano y otoño de 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.

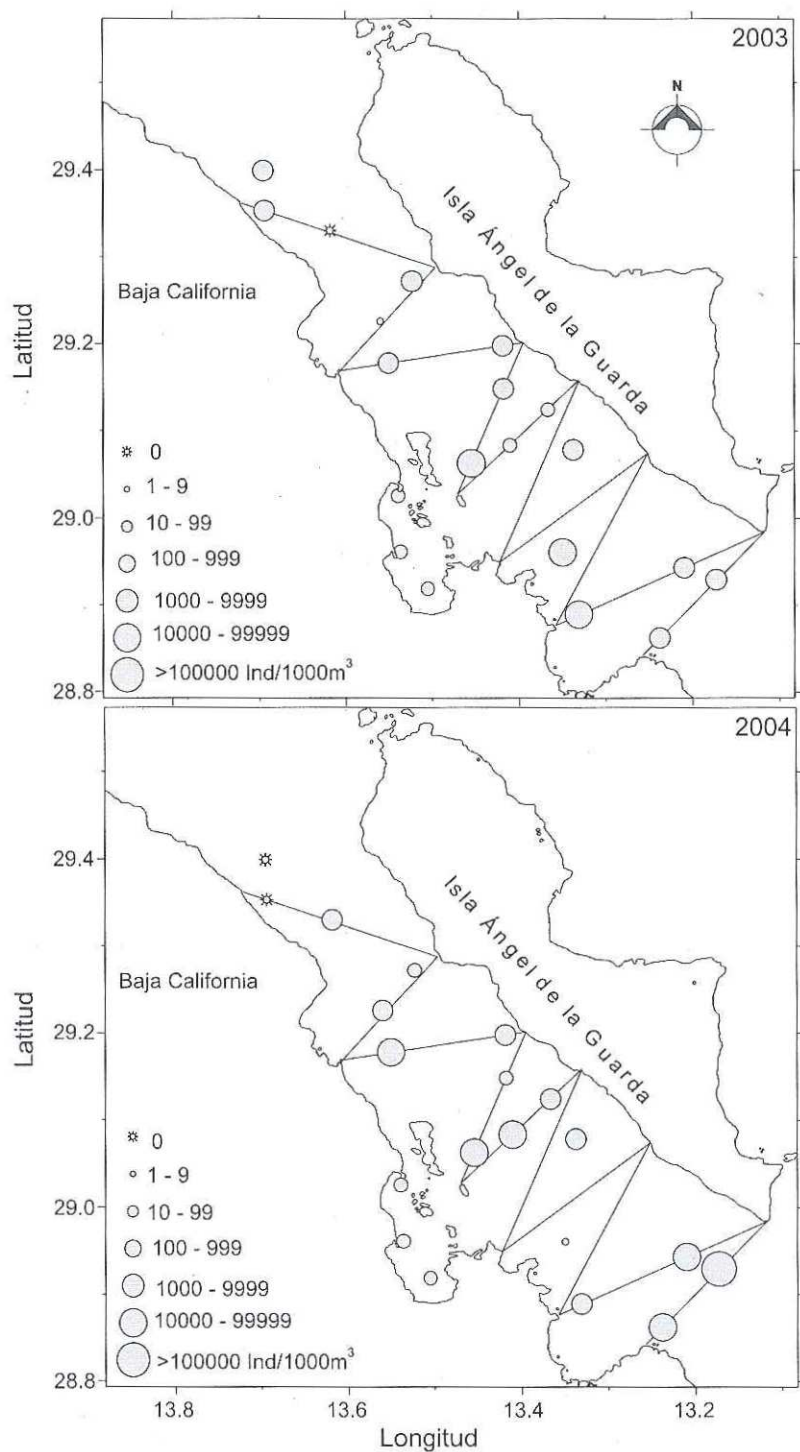


Figura 10. Distribución y abundancia promedio de *Nyctiphanes simplex* durante 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.

Tabla III. Abundancia promedio anual de eufáusidos (Log individuos/1000m³) en la región norte y sur del Canal de Ballenas durante 2003 y 2004. Límites de Confianza (L.C.) al 95%.

Año	Región Norte	L.C. 95%	Región Sur	L.C. 95%
2003	1.89	(1.01-2.76)	2.60	(2.04-3.16)
2004	1.63	(0.66-2.61)	2.94	(2.20-3.68)

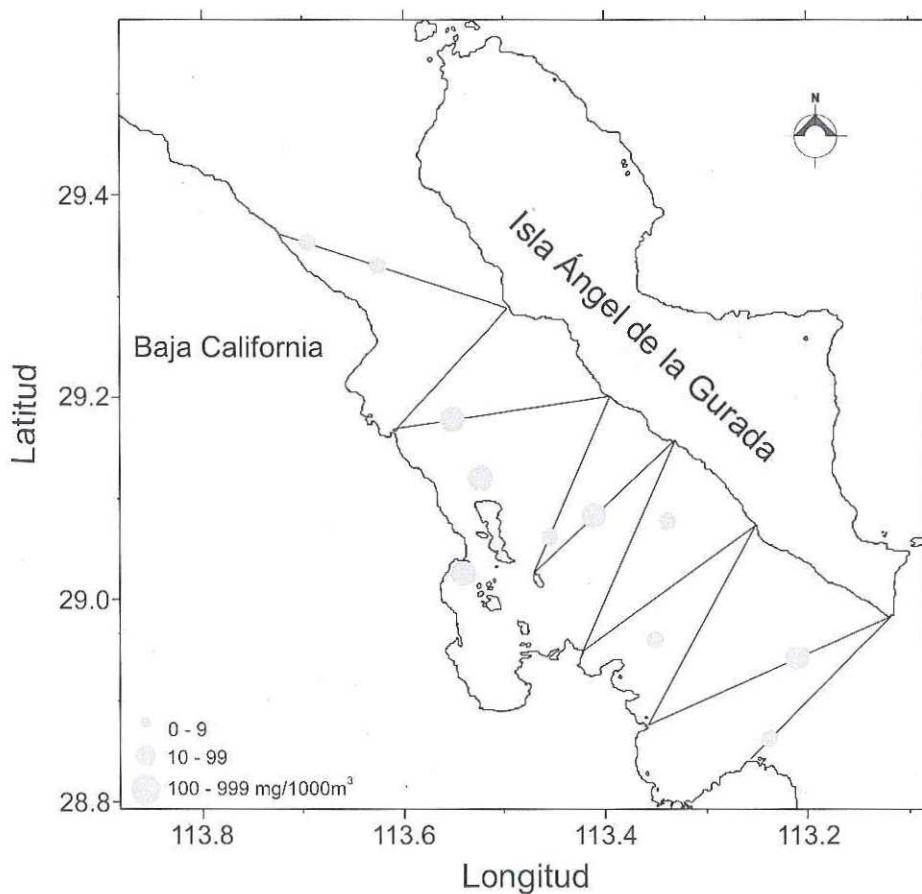


Figura 11. Biomasa (mg/1000m³) de las muestras que presentaron individuos juveniles y adultos de *N. simplex*.

II.4.3. Relación entre la distribución de eufáusidos y el rorcual común.

El menor número de rorcuales correspondió a la región norte del Canal de Ballenas (Figs. 6 y 7), donde también se registraron abundancias bajas de *N. simplex* (Figs. 8 y 9). Otra zona con poca presencia de rorcuales fue Bahía de los Ángeles en donde la presencia de eufáusidos no fue constante y en general su abundancia fue menor que en el Canal de Ballenas (Fig. 10). Es importante señalar que a pesar de que Bahía de los Ángeles fue la zona más navegada (Fig. 5), la mayoría de los avistamientos de los rorcuales se registraron fuera de la bahía (Figs. 6 y 7). Principalmente se observó a los rorcuales desde el norte de Isla Coronado (29.16° N) hasta Bahía las Ánimas (28.84° N) en aguas cercanas a la Península de Baja California. La alta variabilidad espacial de la abundancia de eufáusidos en toda la zona de estudio no permitió definir un patrón específico de distribución que relacionara a los eufáusidos y los rorcuales. Sin embargo, destaca lo siguiente: (1) las zonas con menor abundancia de rorcuales y eufáusidos correspondieron a la región norte del Canal de Ballenas y a Bahía de los Ángeles, (2) las estaciones de zooplancton (1-4) ubicadas entre Bahía Las Ánimas y la punta sur de Ángel de la Guarda (Fig. 3) mostraron su abundancia máxima durante la primavera (Fig. 9) y fue en esa estación y zona donde se observó un número importante de rorcuales comunes durante 2004 (Fig. 7) y (3) la biomasa más alta de eufáusidos (muestras con organismos juveniles y adultos) se registró hacia la costa de Baja California (Fig. 11) donde también se observó el mayor número de rorcuales.

II.4.4. Variación temporal del rorcual común.

La comparación entre años del índice de abundancia relativa (IAR/h; Tabla IV) mostró que el rorcual común fue significativamente más abundante en 2004 (2.07) que en 2003 (0.39; $U = 878.5$, $p < 0.001$). Tomando en cuenta cada año por separado, se encontraron diferencias estacionales significativas del IAR/h tanto en 2003 ($H_{(3, n = 69)} = 13.84$, $p = 0.003$) como en 2004 ($H_{(3, n = 69)} = 22.68$, $p < 0.001$). En ambos años se observó una tendencia similar (Fig. 12) del IAR/h a través de los periodos de muestreo, es decir, la mínima abundancia ocurrió durante el otoño y la máxima durante la transición invierno-primavera y el verano.

Las pruebas *a posteriori* para 2003 indicaron que el valor del IAR/h registrado en verano fue significativamente mayor, ya que todos los contrastes (con invierno-primavera, primavera y otoño) fueron significativos con una $p < 0.05$. En 2004 se encontró la misma situación pero los contrastes estacionales del IAR/h fueron más agudos entre verano y otoño ($p = 0.0002$), así como entre verano y primavera ($p = 0.0097$). Si se desglosan estos datos a una escala semanal, se puede apreciar la tendencia al aumento de la abundancia relativa del rorcual común de la primavera al verano para disminuir notoriamente en otoño (Fig. 13). También se aprecia que durante la transición invierno-primavera de 2004 hay una mayor abundancia de rorcuales comunes comparada con la de primavera. En ambos años los intervalos de confianza muestran que la abundancia fue muy variable, principalmente durante el verano.

Tabla IV. Índice de abundancia relativa (IAR/h) anual y estacional del rorcual común en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles durante 2003 y 2004. Límites de Confianza (L.C.) al 95%. Se encontraron diferencias significativas entre años y entre estaciones de cada año ($p < 0.05$).

Fecha de muestreo	Estación	IAR/h por estación	L.C. 95%	IAR/h por año	L.C. 95%
2003				0.39	(0.13-0.65)
12 mar-10 abr	Invierno-Primavera	0.20	(0.00-0.54)		
27 may-26 jun	Primavera	0.20	(0.00-0.40)		
11 jul-4 ago	Verano	1.16	(0.16-2.15)		
16 oct-2 dic	Otoño	0.08	(0.00-0.16)		
2004				2.07	(1.44-2.70)
6-31 mar	Invierno-Primavera	2.13	(1.09-3.19)		
3 jun-1 jul	Primavera	1.66	(1.05-2.27)		
2 jul-30 jul	Verano	4.17	(1.77-6.58)		
7-31 oct	Otoño	0.38	(0.004-0.75)		

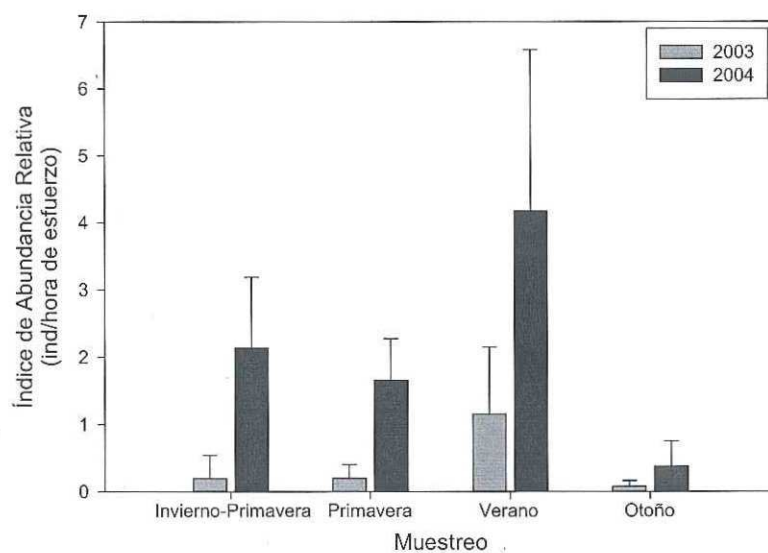


Figura 12. Comparación del índice de abundancia relativa (IAR/h) del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) durante los cuatro muestreos de 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Intervalo de confianza al 95%.

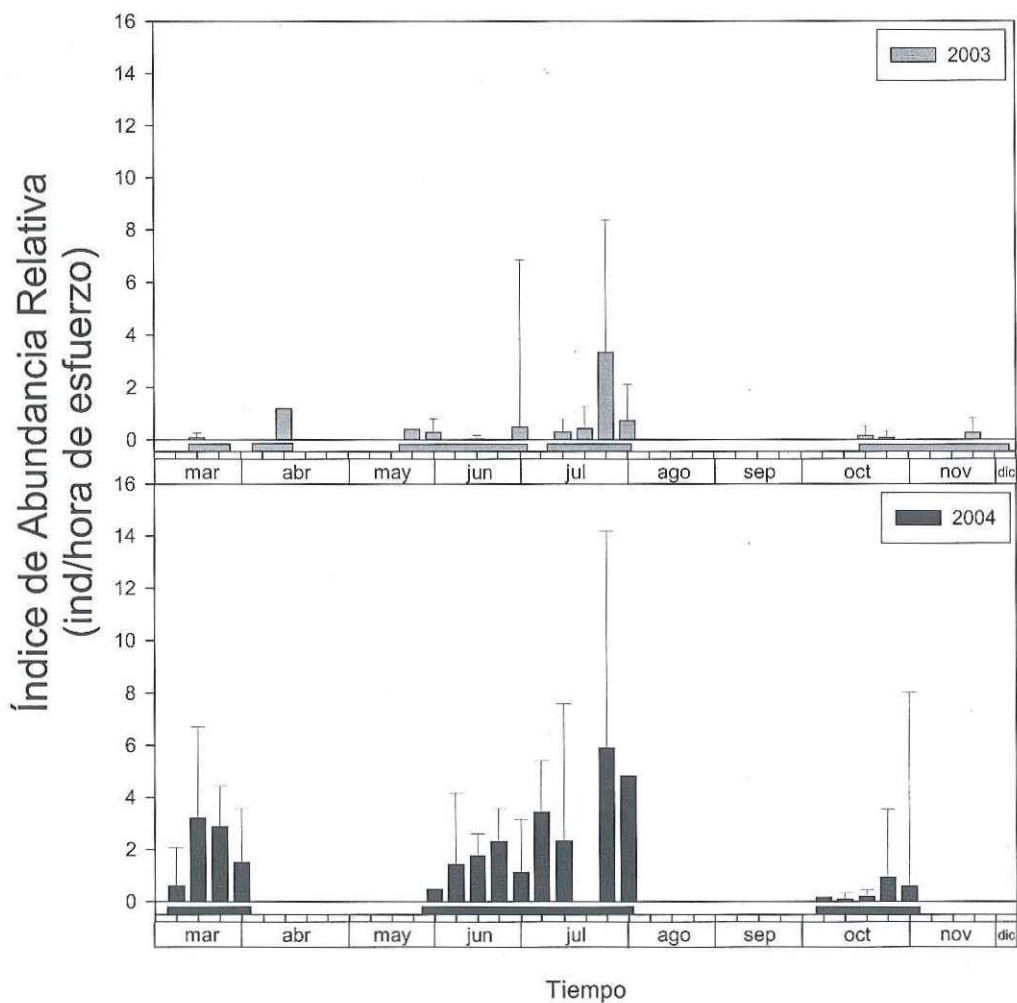


Figura 13. Promedio semanal (e intervalo de confianza al 95%) del índice de abundancia relativa (IAR/h) del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) durante 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Las barras de color debajo del eje X indican la cobertura de muestreo.

II.4.5. Variación temporal de los eufáusidos.

La abundancia media de eufáusidos (ind/1000 m³) fue aparentemente más alta durante 2004 que durante 2003 (Tabla V). Sin embargo, la comparación entre años no mostró diferencias significativas ($U = 1209.5$, $p = 0.091$).

Tabla V. Abundancia media anual y estacional de eufáusidos (ind/1000 m³) en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles durante 2003 y 2004. Los datos fueron transformados a logaritmos. Límites de Confianza (L.C.) al 95%. No se encontraron diferencias significativas entre años ($p > 0.05$) pero sí entre estaciones de cada año ($p < 0.05$).

Fecha de muestreo	Estación	Abundancia por estación	L.C. 95%	Abundancia por año	L.C. 95%
2003				2.27	(1.83-2.71)
12 mar-10 abr	Invierno-Primavera	-			
27 may-26 jun	Primavera	3.27	(2.60-3.93)		
11 jul-4 ago	Verano	2.50	(1.66-3.34)		
16 oct-2 dic	Otoño	1.33	(0.73-1.94)		
2004				2.41	(2.01-2.81)
6-31 mar	Invierno-Primavera	1.84	(1.07-2.60)		
3 jun-1 jul	Primavera	3.39	(2.73-4.06)		
2 jul-30 jul	Verano	2.35	(1.46-3.23)		
7-31 oct	Otoño	1.99	(1.10-2.89)		

A escala estacional la abundancia de eufáusidos mostró una tendencia a disminuir de la primavera al otoño (Tabla V; Fig. 14), aunque en ambos años se observó una gran variabilidad en la abundancia de eufáusidos entre los diferentes puntos de muestreo. La comparación entre estaciones arrojó diferencias significativas tanto para 2003 ($H_{(2, n=54)} = 16.00, p < 0.001$) como para 2004 ($H_{(3, n=77)} = 11.95, p = 0.008$). Las pruebas *a posteriori* para 2003 indicaron que la

primavera y el verano son estadísticamente similares, mientras que el otoño muestra una abundancia menor a la de primavera ($p < 0.001$) y verano ($p = 0.017$). En 2004, la abundancia de eufáusidos de la primavera también fue estadísticamente similar al verano pero fue significativamente más alta que la abundancia de eufáusidos del invierno-primavera y el otoño (con una $p < 0.05$ en ambos casos). La mayoría de las muestras contenía eufáusidos, pero las colectadas en otoño registraron más casos de ausencia (10 en 2003 y 9 en 2004), lo cual se reflejó en una abundancia baja.

El promedio semanal de la abundancia de eufáusidos (Fig. 15) mostró valores altos a través de la primavera con poca variabilidad entre ellos, mientras que la menor abundancia y mayor variabilidad se presentó durante el otoño. En 2004 se pudo apreciar que la abundancia de eufáusidos comenzó a aumentar a partir de la transición invierno-primavera para alcanzar su máximo valor en la primavera y posteriormente descender. La última semana del otoño se realizó un solo arrastre el cual presentó una gran abundancia de eufáusidos, por lo que la tendencia al aumento de la abundancia durante el mes de octubre debe tomarse con reserva.

Promedios semanales de la abundancia de eufáusidos (Fig. 15) mostraron una diferencia interesante entre años, ya que durante junio de 2003 se observó una disminución drástica de la abundancia que no se observó en 2004. El resto del año las capturas de eufáusidos oscilaron ampliamente.

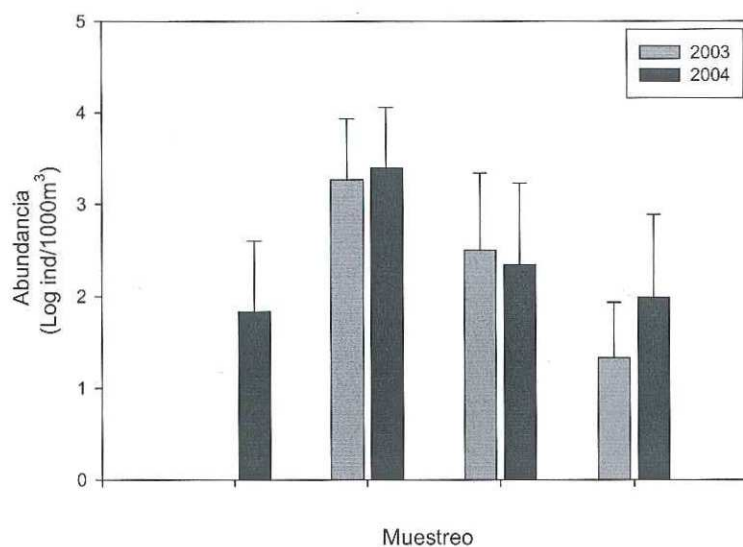


Figura 14. Comparación de la abundancia del eufáusido (*Nyctiphanes simplex*) entre estaciones del año de 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Intervalo de confianza al 95%. Los datos fueron transformados a logaritmos antes de calcular los promedios.

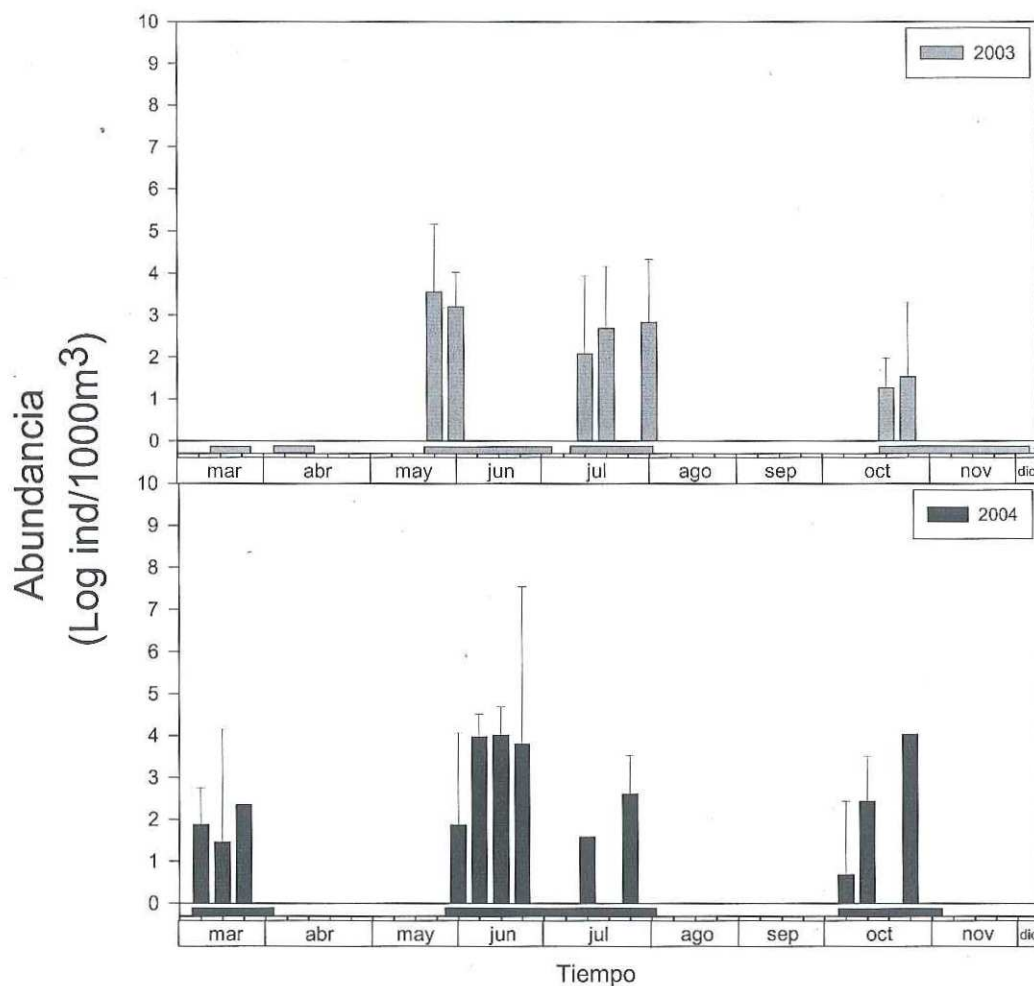


Figura 15. Abundancia media (e intervalo de confianza al 95%) semanal de *Nyctiphanes simplex* durante 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Las barras de color debajo del eje X indican la cobertura de muestreo. Los datos fueron transformados a logaritmos antes de calcular los promedios.

II.4.6. Relación entre la variación temporal de la abundancia de eufáusidos y el rorcual común.

Tanto los eufáusidos como el rorcual común presentaron cambios estacionales en cuanto a su abundancia pero con tendencias algo diferentes.

Aunque ambos presentaron una abundancia pobre en otoño, la estación con la máxima abundancia fue diferente. Los eufáusidos tuvieron un pico en primavera disminuyendo posteriormente, mientras que los rorcuales presentaron el máximo de abundancia durante el verano. Lo anterior dificultó el hallar una correlación entre ambos, con resultados estadísticamente no significativos tanto en 2003 ($r = 0.079$, $p = 0.754$) como en 2004 ($r = 0.126$, $p = 0.557$). La relativa continuidad del muestreo a través de la primavera y el verano, sobre todo en 2004, permitió observar que el desfase entre la abundancia máxima de eufáusidos y la del rorcual común es de unas semanas (Figs. 13 y 15).

II.4.7. Temperatura superficial del mar.

El promedio de la temperatura superficial del mar medida *in situ* durante 2003 fue de $25.2 \pm 3.3^{\circ}\text{C}$, significativamente mayor que durante 2004 ($23 \pm 4.1^{\circ}\text{C}$; $t = 6.44$, $g.l. = 548$, $p < 0.001$). Esta diferencia en temperatura fue más severa en los meses de marzo y octubre, con diferencias interanuales de 2°C y 1.5°C , respectivamente (Fig. 16a). Los datos de temperatura por satélite (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) también mostraron una temperatura promedio más elevada durante 2003, aunque la diferencia entre años no fue significativa ($t = 0.755$, $g.l. = 88$, $p = 0.450$). Esto puede atribuirse a la semejanza que presentó la temperatura entre los meses de junio a septiembre (Fig. 16b). Sin embargo, la evidencia obtenida a partir de los datos del satélite reveló una diferencia de 1°C entre marzo de 2003 y 2004 y de 1.6°C entre los meses de octubre de cada año.

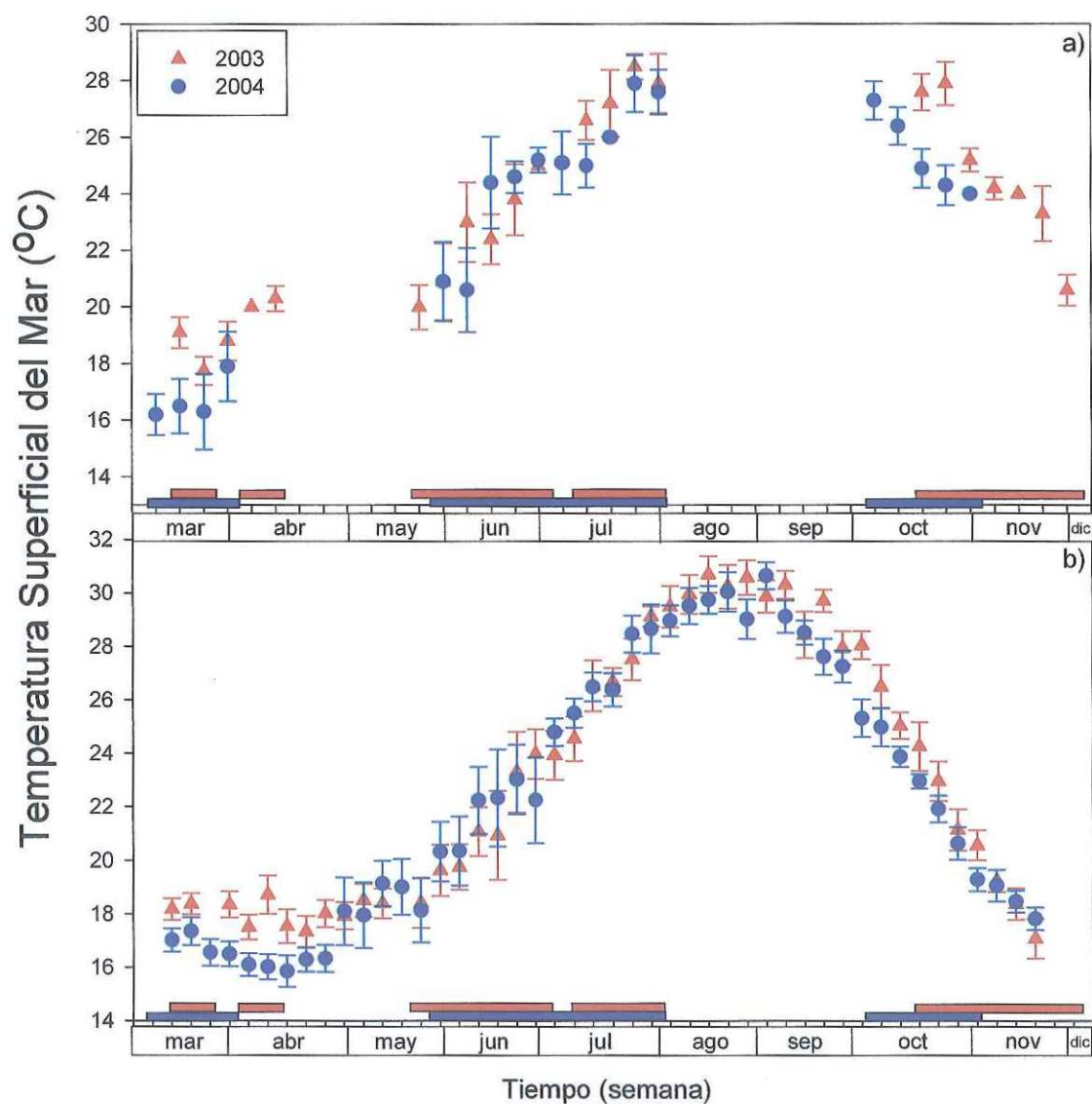


Figura 16. Promedio semanal de la temperatura superficial del mar ($\pm$ DS) durante 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. a) datos registrados *in situ* y b) datos del satélite (Ocean color; <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>). Las barras de color debajo del eje X indican la cobertura de muestreo.

En cuanto a la variación estacional de la temperatura superficial del mar, en ambos años se observó un período frío y otro cálido (Fig. 16). El primero incluyó la transición invierno-primavera y la primavera (desde marzo hasta la primera quincena de junio), si bien no sabemos en qué momento del año inició por la falta de colectas invernales. El período cálido incluyó verano y otoño (de la segunda quincena de junio hasta octubre). Tomando en cuenta esta división de períodos, tanto los eufáusidos como los rorcuales estuvieron presentes en la zona de estudio en la época fría y cálida del año (Figs. 12 y 14).

II.5. Discusión

II.5.1. Distribución del rorcual común y los eufáusidos.

El forrajeo de los rorcuales ocurre en regiones con una productividad excepcionalmente alta a menudo asociadas con frentes, zonas de surgencia y topografía accidentada (Croll y Tershy, 2002). Éste parece ser el caso de la región de Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles, donde la dinámica oceanográfica y la compleja topografía generan un suministro constante de nutrientes que promueve una alta productividad (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; López *et al.*, 2006).

Aun cuando los rorcuales comunes se observaron en toda el área de estudio, su presencia en aguas someras adyacentes a la Península de Baja California y al sur de Isla Coronado fue más conspicua. La concentración de rorcuales en dicha zona fue particularmente evidente durante 2004 y pudo estar relacionada con una mayor abundancia de eufáusidos en ese año. El tipo de

plataforma continental en las costas oriental y occidental del Golfo de California es muy diferente. Se sabe que las agregaciones de *N. simplex* de la costa oeste del Golfo de California ocurren en zonas con pendiente inclinada o quiebres en la plataforma continental (Brinton y Townsend, 1980; Gendron, 1992). Éste podría ser el caso entre Isla Coronado y la boca de entrada de Bahía de los Ángeles al Canal de Ballenas, donde la batimetría somera (Fig. 2), en concordancia con las corrientes inducidas por el viento y la migración vertical de los eufáusidos, podrían contribuir a concentrar las presas disponibles para los rorcuales. En ésta y otras localidades de la plataforma continental del Golfo de California se han llegado a registrar densidades de *N. simplex* superiores a 5000 ind/1000 m³) de febrero a junio (Brinton y Townsend, 1980). Estos autores mostraron que en la estación más cálida (agosto) la región que rodea al archipiélago de las grandes islas es la única en presentar concentraciones altas de *N. simplex*.

Es importante mencionar que al realizar arrastres horizontales diurnos se subestima la abundancia de eufáusidos juveniles y adultos e incluso de las larvas en estadios avanzados, debido al comportamiento de migración vertical circadiana que presentan estas fases de vida (Brinton, 1967; Lavaniegos, 1996). Al igual que otras especies de eufáusidos, *N. simplex* desciende a aguas profundas durante el día y asciende a la superficie durante la noche (Brinton, 1967). La distancia vertical que recorren durante el curso de la migración incrementa conforme el individuo se desarrolla de larva a adulto. Así, las larvas caliotopis y las furcillas tempranas (Fig. 4) permanecen cerca de la superficie durante todo el día, mientras que las furcillas tardías, los juveniles y adultos progresivamente incrementan la

profundidad de sus incursiones diarias (Brinton, 1967; Lavaniegos, 1996). Aunque los individuos adultos son capaces de descender hasta 300 m en el curso de su migración (Lavaniegos, 1996), principalmente se encuentran a 150 m (Brinton, 1967; Brinton *et al.*, 1986). Si bien es cierto que los datos de este estudio presentan un sesgo hacia el registro de caliptopis, el hecho de que estas larvas permanezcan cerca de la superficie durante todo el día las hace un buen indicador de la presencia y magnitud de la población de eufáusidos en la zona de estudio. Esto fue muy evidente cuando se comparó la abundancia de eufáusidos entre Bahía de los Ángeles y Canal de Ballenas. Así mismo fue indicativa de la diferencia en abundancia de eufáusidos entre las regiones norte y sur del canal.

Tal vez el realizar arrastres a 150 m de profundidad hubiera proporcionado una mejor información para estimar la biomasa de eufáusidos a partir de individuos juveniles y adultos, aunque tampoco se podría eliminar el submuestreo causado por la evitación de la red que resulta más visible para los eufáusidos durante las horas de luz. De esta forma se hubiera podido tener una mejor estimación de la cantidad de alimento disponible para los rorcuales en la zona de Canal de Ballenas. Sin embargo, el llevar a cabo arrastres a profundidad (100-200 m) no garantiza encontrar una correlación entre la abundancia de ballenas y sus presas, ya que los eufáusidos forman densas agregaciones distribuidas en parches. Por ejemplo, en un trabajo realizado en Nueva Escocia se realizaron arrastres de zooplancton (300 m), así como análisis del contenido estomacal del rorcual común para tratar de establecer una relación entre la cantidad de alimento disponible y el ingerido por las ballenas (Brodie *et al.*, 1978). De acuerdo a los

datos de estos autores la cantidad de krill disponible en la zona de estudio no era suficiente para mantener a la población de ballenas presente. Posteriormente se supo que las ballenas depredaban a profundidad sobre agregaciones densamente pobladas de krill distribuidas en parches y que no necesariamente eran muestreadas durante los arrastres de zooplancton. Actualmente se emplea una combinación de métodos de muestreo para relacionar la presencia de eufáusidos y ballenas. Estos métodos incluyen, entre otros, el uso de ecosondas, la realización de arrastres de zooplancton, video submarino, marcas de telemetría, etc. (p. ej. Croll *et al.*, 1998, 2002; Fiedler *et al.*, 1998).

El no haber detectado un patrón más definido en la distribución de los eufáusidos y el rorcual común pudo estar relacionado con la intensidad de muestreo. La alta variabilidad en las capturas de eufáusidos registrada en este estudio contribuyó a varios resultados no significativos de algunas de las pruebas estadísticas, lo cual nos lleva a la conclusión de que la cantidad de muestras resultó insuficiente. También un mayor número de estaciones de zooplancton por transecto habría permitido distinguir mejor las diferencias entre las costas del canal y más detalles de la distribución en parches de los eufáusidos e identificar una correlación con los rorcuales. Además, la gran capacidad de desplazamiento del rorcual común (37 ± 23 km/d para el Golfo de California; Urbán *et al.*, 2005), dificulta relacionarlo con la distribución en parches de sus presas, y así puede suceder que haya pocos individuos durante la inspección de un área donde se supone que deberían estar (Stern, 1998). Tomando en cuenta que el muestreo dentro del área de estudio comprendió

máximo 60 km de longitud del Canal de Ballenas en cada día de navegación, además de la alta variabilidad espacial registrada en la abundancia de eufáusidos, la escala espacial a la cual se trabajó probablemente fue un factor importante que no permitió evidenciar una correlación entre la distribución del rorcual común y su presa. Sin embargo, fue factible distinguir que las mayores concentraciones de rorcuales comunes y eufáusidos se ubicaron en la región sur del Canal de Ballenas y hacia la costa de Baja California, mientras que las menores concentraciones correspondieron a la zona de Bahía de los Ángeles.

II.5.2. Variación temporal del rorcual común y los eufáusidos.

A escala temporal la relación entre los eufáusidos y el rorcual común fue más clara que en cuanto a la distribución. Ambas especies se observaron durante el período frío y cálido y esto apoya la idea de que el rorcual común permanece en latitudes bajas a lo largo del año si hay alimento disponible (Aguilar, 2002; Urbán *et al.*, 2005). La falta de una correlación estadísticamente significativa entre la abundancia de ambas especies estudiadas se debió muy probablemente al desfase en la presencia de los máximos de concentración. Esto es lógico, porque las tasas de crecimiento de los organismos conforme se asciende en la pirámide trófica, son cada vez más lentas y los ciclos de vida más largos presentándose un desfase en los máximos de productividad de los consumidores primarios (eufáusidos). En la zona de surgencia costera del sur de Australia, Gill (2002) observó que aproximadamente dos meses después del registro (vía satélite) de los pulsos de surgencias y de las concentraciones altas de clorofila *a*, se

registraba la máxima abundancia de ballenas azules depredando sobre la especie cogenérica *Nyctiphanes australis*.

En el presente estudio se encontró una disminución de eufáusidos y rorcuales durante el otoño, asociada al incremento y mantenimiento de temperaturas elevadas del mar. Las temperaturas altas, particularmente en 2003 (24°C) pudieron tener un efecto negativo en la reproducción y reclutamiento de *N. simplex*. Esta especie prolifera en áreas de surgencia y sus larvas pueden tolerar un intervalo de 13-30°C (Brinton y Townsend, 1980). Sin embargo, la cantidad de caliptopis colectados por estos autores a temperaturas mayores a los 21°C fue muy baja, estando su temperatura óptima en un intervalo más estrecho de temperatura (17-20°C). Brinton y Townsend (1980) reportaron que *N. simplex* fue la única especie del golfo que continua produciendo caliptopis en números importantes a finales de agosto. Esto coincide con los cambios estacionales de *N. simplex* registrados durante 2003 y 2004. Quizá exista un umbral de abundancia de eufáusidos a partir del cual la abundancia de rorcuales se dispara. Probablemente este umbral no se alcanzó durante 2003 y por eso, aun cuando la diferencia entre años es pequeña (Tabla V), la concentración de eufáusidos no fue suficiente para desencadenar un incremento de rorcuales. A escala estacional, el umbral de abundancia de eufáusidos posiblemente sólo se alcanzó durante la primavera, lo que llevó a un incremento considerable de ballenas durante el verano (Fig.12). Así, los cambios estacionales e interanuales en la abundancia de rorcuales son, al igual que los eufáusidos, un indicador de la productividad de esta

región del Golfo de California, aunque estudios a largo plazo son necesarios para precisar esta relación.

II.5.3. Diferencias interanuales en la abundancia de eufáusidos y rorcuales asociada a eventos El Niño.

Los eufáusidos y los rorcuales estuvieron presentes en ambos años de estudio, aunque ambos fueron más abundantes en 2004 que en 2003. Las diferencias en la temperatura superficial del mar entre ambos años indicó un calentamiento durante 2003 el cual pudo haber influenciado la productividad de los eufáusidos y por lo tanto la disponibilidad de alimento para los rorcuales. Este calentamiento aparentemente anómalo en el Golfo de California parece estar relacionado con un evento débil de El Niño (Lagerloef *et al.*, 2003; McPhaden, 2004). Otra evidencia de El Niño fue el aumento durante junio de 2003 de la corriente costera (con dirección al polo) en el Pacífico tropical mexicano (Lavín *et al.*, 2006). Si bien hubo diferencias interanuales entre 2003 y 2004, la temperatura superficial del mar fue anómalamente cálida en ambos años cuando se compara con la temperatura promedio del Canal de Ballenas (20.3°C) del período de 1939-1990 (Romero-Centeno, 1995). En promedio esa anomalía resultó ser 5 y 3°C, para 2003 y 2004, respectivamente. Esto quizá se debió al cambio imprevisto en la tendencia de enfriamiento de la temperatura del mar reportada en junio de 2003 (Mc Phaden, 2004) y al desarrollo de otro evento débil de El Niño en 2004-2005 (Lyon y Barnston, 2005).

Otros estudios han discutido la influencia de eventos El Niño en las poblaciones de eufáusidos del Golfo de California. Lavaniegos-Espejo *et al.* (1989) compararon las primaveras de 1983 (evento El Niño) y 1984 (fase de relajación) entre las cuales se observó una diferencia en la temperatura superficial de 1-2°C. Estos autores sugirieron la posibilidad de que el ligero calentamiento del agua durante 1983 tuvo un efecto negativo en el reclutamiento de caliptopis de *N. simplex*, ya que la abundancia registrada fue tres veces menor con respecto a la de 1984. Por otra parte, Gendron (1992) argumentó que el incremento de la temperatura superficial de mar durante los eventos El Niño de 1986-1987 y 1992 fue la causa probable de la ausencia de enjambres superficiales diurnos de *N. simplex* en el Golfo de California durante esos años. Lo anterior coincide con nuestras observaciones, de una abundancia más baja de eufáusidos durante el año más cálido de 2003 en comparación con 2004 cuando la temperatura promedio fue menor. Una situación similar fue observada con *Nyctiphanes australis* en la Bahía Strom, Tasmania, donde la productividad decreció drásticamente conforme la temperatura superficial del mar se incrementó de 1986 a 1989. Esto trajo como consecuencia el colapso de la pesquería de macarela (Harries *et al.*, 1991).

Sin embargo, lo anterior contrasta con las observaciones de algunas especies depredadoras en otras regiones del golfo, ya que durante el intenso evento El Niño de 1982-1983 hubo abundantes cetáceos (*Balaenoptera physalus*, *B. edeni* y *Delphinus delphis*) y aves marinas (*Sula nebouxii*, *S. leucogaster*, *Oceanodroma melania* y *O. microsoma*) en el Canal de Ballenas (Tershy *et al.*,

1991). La disminución posterior de la abundancia de estas especies durante 1985 llevó a estos autores a concluir que el Canal de Ballenas proporciona un refugio para cetáceos y aves durante eventos El Niño, debido a que esta región mantiene una temperatura superficial baja (López *et al.*, 2006). De acuerdo con Tershy *et al.* (1991), se esperaba encontrar una abundancia alta de eufáusidos y ballenas en 2003 con respecto a 2004. Sin embargo, ocurrió lo opuesto. También cabe señalar que la población de gaviota ploma (*Larus hermanni*) y de pelícano (*Pelecanus occidentalis*) tuvieron escaso éxito reproductivo durante la primavera de 2003. La gaviota ploma anidó con más de un mes de retraso en Isla Rasa y sólo una pequeña proporción de las parejas de gaviotas pusieron huevos muchos de los cuales fueron abandonados antes de que se completara el periodo de incubación. La reproducción del pelícano también fue casi nula en la región de las grandes islas (Velarde *et al.*, 2005; Velarde comunicación personal¹). Colapsos reproductivos similares ocurrieron durante los eventos El Niño de 1992 y 1998 (Velarde y Ezcurra, 2002).

A partir del análisis de imágenes de satélite (p. ej. Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994; Kahru *et al.*, 2004) se ha reportado que los efectos de El Niño en la biomasa del fitoplancton y la concentración de clorofila *a* son más conspicuos en la boca o entrada del Golfo de California y menos evidentes en la región central y norte del golfo. Sin embargo, esto no garantiza que no haya cambios, o que éstos sean mínimos, en el ecosistema de la región de las grandes islas (Ángel de la Guarda e Isla Tiburón). Por ejemplo, de manera general durante 2003 la biomasa

¹ Dra. Enriqueta Velarde, Centro de Ecología y Pesquerías, Universidad Veracruzana.

fitoplactónica fue mayor y se observaron valores ligeramente más altos de clorofila *a* ($0.5\text{--}0.9 \log \text{mg/m}^3$) que durante 2004 ($0.3\text{--}0.6 \text{mg/m}^3$; Ocean Watch: SeaWiFS, <http://las.pfeg.noaa.gov/oceanWatch>), año en que se registró un mayor número de rorcuales comunes. Así mismo, durante la primavera de 1998 los datos (imágenes de satélite) de biomasa fitoplanctónica en la región de las grandes islas no estuvieron muy por debajo del valor reportado para años no Niño (Kahru *et al.*, 2004), y sin embargo ocurrió el colapso reproductivo de la gaviota ploma (Velarde y Ezcurra, 2002). Esta zona es muy dinámica y presenta mucha turbulencia, lo cual puede inhibir la estratificación de la columna de agua y por tanto el florecimiento del fitoplancton (Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994; Millán-Núñez y Yentsch 2000), afectando a su vez a los subsecuentes niveles tróficos. Por lo anterior, se debe tener cuidado al usar las imágenes satelitales como única referencia de la biomasa de fitoplancton de una región. Esto no invalida el que el Canal de Ballenas sirva como refugio de ballenas y aves principalmente durante eventos intensos de El Niño como el ocurrido en 1982-1983 y probablemente 1997-1998, del cual no se cuenta con datos de cetáceos. La única información disponible corresponde a los años de 1995-1997 (julio y agosto), previos al evento El Niño. Fecha durante la cual Gallo-Reynoso *et al.* (2004) observaron en la región de las grandes islas al rorcual común, con una abundancia máxima de 3.7 ind/km en agosto de 1997.

La variación espacial y temporal de los organismos en un año dado puede variar de acuerdo a los factores ambientales. En consecuencia, se requiere de series de tiempo largas respecto a los cambios en la abundancia de eufáusidos y

rorcuales en el área de estudio para estimar la relación entre la productividad del plancton y los niveles tróficos superiores.

CAPÍTULO III

III. Forrajeo de rorcuales comunes (*Balaenoptera physalus*) en agregaciones superficiales del eufáusido *Nyctiphanes simplex* en el Canal de Ballenas, Golfo de California, México.

III.1 Resumen

El objetivo del presente capítulo fue identificar áreas específicas de forrajeo del rorcual común asociadas a la presencia de enjambres superficiales diurnos de eufáusidos en el Canal de Ballenas, Golfo de California. Durante 2003 y 2004 se llevaron a cabo cuatro visitas por año a la zona de estudio (invierno-primavera, primavera, verano y otoño). Se realizaron transectos lineales y navegaciones en embarcaciones menores (6 m), desde las cuales se muestrearon los enjambres de eufáusidos con una red de zooplancton. El rorcual común se observó forrajeando principalmente en aguas someras (10-100 m) adyacentes a las costas oeste y sur de la Isla Coronado. Se observaron alimentándose en 18 de los 19 enjambres de *Nyctiphanes simplex* registrados (5 en 2003 y 14 en 2004). Los enjambres ocurrieron de marzo a agosto y estuvieron casi ausentes de octubre a noviembre. Aun cuando el rorcual común se observó en toda el área de estudio, se identificó un patrón único de distribución de la actividad de forrajeo, principalmente durante la primavera y el verano. Los datos muestran que las aguas adyacentes a la Isla Coronado constituyen un hábitat estacional de forrajeo para el rorcual común del Golfo de California.

II.2 Introducción

El rorcual común (*Balaenoptera physalus*) se distribuye en todos los océanos del mundo y presenta los movimientos migratorios menos predecibles de entre las ballenas (Evans, 1987). En varias zonas del Hemisferio Norte el patrón de sus movimientos no es claro (Aguilar, 2002) e incluso en algunos casos el rorcual común puede permanecer en latitudes bajas durante todo el año si dispone de alimento (Aguilar, 2002). Éste parece ser el caso para la población del rorcual común del Mar Mediterráneo y del Golfo de California (Notarbartolo-di-Sciara *et al.*, 2003; Urbán *et al.*, 2005). La evidencia genética sugiere que los rorcuales comunes del Golfo de California constituyen una población única, aislada de los rorcuales del Pacífico Norte (Berubé *et al.*, 2002). Los movimientos estacionales de la población del Golfo de California parecen estar relacionados con la distribución en parche de sus presas (Urbán *et al.*, 2005), lo cual resalta la importancia de los estudios sobre la alimentación y conducta de forrajeo de los rorcuales comunes.

Aunque los animales de gran tamaño requieren grandes cantidades de alimento e inspeccionan el ambiente en un amplio espectro de escalas, típicamente usan áreas específicas de su ámbito hogareño, ya que los recursos no se distribuyen de manera homogénea en el ambiente (Stern, 1998). En los sistemas marinos, la base de la cadena alimentaria para muchos mamíferos marinos la constituyen pequeños peces y crustáceos (como el “krill”, eufáusidos de aquí en adelante). La distribución y abundancia de los eufáusidos varía espacial y

temporalmente y esto se refleja en variaciones similares en la conducta de forrajeo de los rorcuales que depredan sobre los eufáusidos (Bowen *et al.*, 2002). Por lo tanto, los estudios a escala estacional son importantes para identificar los patrones temporales de utilización del hábitat de los organismos y estimar qué tan importante es un área para una población en particular (Stern, 1998).

De manera similar a otros rorcuales, el rorcual común captura su presa por medio de embestidas (Croll *et al.*, 2001). Engulle grandes volúmenes de agua que contienen peces y eufáusidos (Kawamura, 1980), principalmente a profundidad, en áreas con densas agregaciones de presas (Croll *et al.*, 2001). En las aguas adyacentes a Norteamérica, se ha registrado a los rorcuales comunes forrajeando sobre eufáusidos a 150-300 m de profundidad durante el día (Croll y Tershy, 2002). En el suroeste del Golfo de California, los rorcuales comunes fueron observados forrajeando más a menudo a 100 m de profundidad y rara vez en la superficie (Croll *et al.*, 2001). La conducta de alimentación en superficie del rorcual común se observó principalmente en la región de las grandes islas (Rojas-Bracho, 1984; Gendron, 1993; Tershy *et al.*, 1993) y en el suroeste del Golfo de California (Rojas-Bracho, 1984; Gendron, 1992). En estas regiones, la presa principal que consumen los rorcuales comunes es el eufáusido *Nyctiphanes simplex* (Gendron, 1992; Tershy *et al.*, 1993).

N. simplex es el eufáusido más abundante y ampliamente distribuido en el Golfo de California. De forma similar a otras especies de eufáusidos, *N. simplex* se reproduce todo el año, forma agregaciones o enjambres grandes y lleva a cabo

migraciones verticales diarias (Binton, 1967; Lavaniegos *et al.*, 1989). Aunque el patrón típico de migración en los eufáusidos es descender a aguas profundas durante el día y ascender a la superficie durante la noche, ocasionalmente estos invertebrados marinos se congregan en la superficie durante el día (Ritz, 1994). En el Golfo de California se han reportado, tanto al rorcual común como a la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), alimentándose en la superficie de las agregaciones diurnas de *N. simplex* (Gendron, 1992; Tershy *et al.*, 1993). Sin embargo, se desconoce si este tipo de conducta de forrajeo presenta algún patrón estacional.

En el presente capítulo se estudió la conducta de forrajeo del rorcual común en el Canal de Ballenas en relación a la distribución de los enjambres superficiales de eufáusidos. La región del Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles es una reserva de la Biosfera (Diario Oficial de la Federación, 2007) con una actividad humana baja, por lo que provee una excelente área para estudiar la distribución y abundancia de los rorcuales. El principal objetivo de este capítulo fue identificar áreas del Canal de Ballenas donde los rorcuales comunes forrajeen sobre los enjambres superficiales de eufáusidos durante las horas luz y determinar la ocurrencia estacional de este tipo de eventos de forrajeo. Un segundo enfoque fue relacionar estos eventos con los patrones de abundancia estacional y anual de rorcuales comunes en el Canal de Ballenas.

III.3. Metodología

III.3.1. Trabajo de Campo

Los transectos lineales y las navegaciones se realizaron en el área de estudio de acuerdo a lo descrito en el Capítulo II (sección II.3.1.1.; Fig. 3). Adicionalmente a los arrastres de zooplancton realizados en las estaciones predeterminadas de cada transecto (Fig. 3), se realizaron arrastres cuando se observaron enjambres superficiales diurnos de eufáusidos. Estos enjambres se ubicaron por el color rojizo y turbulencia que se presentaba en la superficie del mar o por la actividad de forrajeo de los rorcuales comunes. Una vez que se localizaba un enjambre superficial de eufáusidos o un grupo de rorcuales alimentándose, la embarcación se aproximaba para registrar su posición exacta por medio de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Para obtener una muestra de los eufáusidos se realizó un arrastre de zooplancton a través del enjambre a una velocidad constante de 5 km/h y se siguió la misma metodología descrita en el Capítulo II (sección II.3.1.2.).

En todos los avistamientos se registró el número de rorcuales comunes presentes y se fotografió su aleta dorsal para su identificación individual. Las fotografías se integraron posteriormente a un catálogo fotográfico de referencia (Aglar *et al.*, 1990). Las fotografías se tomaron con cámaras equipadas con telefotos de 70-300 mm. Los datos de foto-identificación se emplearon para determinar el número y duración en días que los rorcuales forrajearon sobre los enjambres superficiales de eufáusidos.

Los datos de conducta de forrajeo de los rorcuales se registraron *ad libitum* (Altman, 1974). Se consideró que los rorcuales estaban forrajeando cuando rompían la superficie del agua (generalmente tendidos del costado derecho) con la boca abierta y los surcos gulares distendidos, o cuando se observaban nadando en círculos en el área donde había un enjambre superficial (Gaskin, 1982; Tershy *et al.*, 1993).

III.3.2. Trabajo de laboratorio

Además de proceder de la misma forma a lo mencionado en el Capítulo II (sección II.3.2.), en cada submuestra de eufáusidos se midió la longitud total de los eufáusidos juveniles y adultos. Se midieron con un micrómetro, al milímetro más cercano, desde la punta del rostro al extremo del telson. También se identificó el sexo en los organismos adultos. Los datos del tamaño promedio de los adultos y la función de peso húmedo-longitud propuesta por Gómez-Gutiérrez y Robinson (1997) se emplearon para estimar la biomasa (g/m^3) de *Nyctiphanes simplex* en los enjambres superficiales diurnos. La abundancia de eufáusidos se estandarizó a número de individuos por m^3 .

III.3.3. Análisis de datos

Se empleó un mapa batimétrico digitalizado del Canal de Ballenas (López *et al.*, 2006) para asociar una profundidad a cada avistamiento y enjambre de eufáusidos. Se estimó la relación entre la profundidad y el número de rorcuales forrajeando durante la primavera y el verano mediante la prueba exacta de Fisher

(Zar, 1996). Puesto que este análisis requiere que todos los datos sean independientes, el análisis se limitó a los rorcuales foto-identificados que se observaron alimentándose.

Se usó el índice de abundancia relativa de número de animales por hora de esfuerzo de búsqueda (IAR/h) para identificar la variación estacional y entre los años de estudio de la abundancia de rorcuales (capítulo II, sección II.3.3). Los índices de abundancia del rorcual común se compararon entre estaciones y entre años mediante el análisis de varianza de una vía de Kruskal-Wallis (estaciones) y la prueba de Mann-Whitney (años). La prueba *a posteriori* de Newman-Keuls se empleó para identificar las estaciones del año entre las cuales las diferencias fueron estadísticamente significativas.

La prueba *t* de *Student* se utilizó para comparar la variación semanal de la temperatura superficial del mar entre años.

A menos que otra cosa sea indicada, todos los promedios se reportan ± 1 Desviación Estándar (DE).

III.4. Resultados

III.4.1. Forrajeo de los rorcuales comunes sobre los enjambres superficiales de eufáusidos.

El número de días navegados varió entre estaciones (9-26 días), dependiendo de las condiciones ambientales, con un total de 70 días para ambos años (esfuerzo promedio de 3.6 ± 1.4 h/d para 2003 y de 3.2 ± 1.6 h/d para 2004). Los rorcuales comunes se observaron forrajeando en 18 de los 19 enjambres

superficiales de eufáusido que se registraron durante el día. *N. simplex* fue la única especie de eufáusido presente en todos los enjambres. La mayoría de las observaciones (84%) de forrajeo de los rorcuales ocurrieron en aguas relativamente someras (10-100 m) del área de Bahía de los Ángeles, a lo largo de la costa oeste de Isla Coronado o al sur de esta misma isla (Apéndice I; Fig. 17). Sólo cinco avistamientos de rorcuales alimentándose sucedieron fuera del área de Bahía de los Ángeles; dos ocurrieron cerca de Isla Rasa, dos en Bahía las Ánimas y uno en el lado este del Canal de Ballenas (Fig. 1).

La mayoría (74%) de los enjambres superficiales de eufáusidos ocurrieron durante 2004 y todos, con excepción de uno, se presentaron durante la primavera o el verano (Apéndice I). El número de rorcuales comunes forrajeando en aguas someras fue similar tanto en la primavera como en el verano ($p = 0.08$).

La abundancia y biomasa de *N. simplex* fueron muy variables. Los valores de abundancia abarcaron de 8 a 9,394 ind/m³ (Tabla VI) mientras que la biomasa varió de 88 a 0.02 mg/m³ en los enjambres 18 y 13, respectivamente.

Durante 19 avistamientos se observaron 73 rorcuales comunes forrajeando; siete se foto-identificaron durante 2003 y 57 durante 2004. El tamaño promedio de grupo fue de 3 ± 2.6 rorcuales alimentándose. Un patrón común de forrajeo fue observar que 2-4 rorcuales empezaran a alimentarse de los enjambres de *N. simplex* para que posteriormente se les unieran, por varios minutos, otros rorcuales hasta que 6-9 (máximo 13) rorcuales estaban forrajeando. Las embestidas de alimento típicamente involucraron a dos o tres rorcuales alimentándose simultáneamente en posición lateral, tendidos sobre su costado

derecho. Los rorcuales comunes fueron generalmente observados forrajeando durante dos días y ocasionalmente durante 4-5 días en el área donde estaba presente un enjambre.

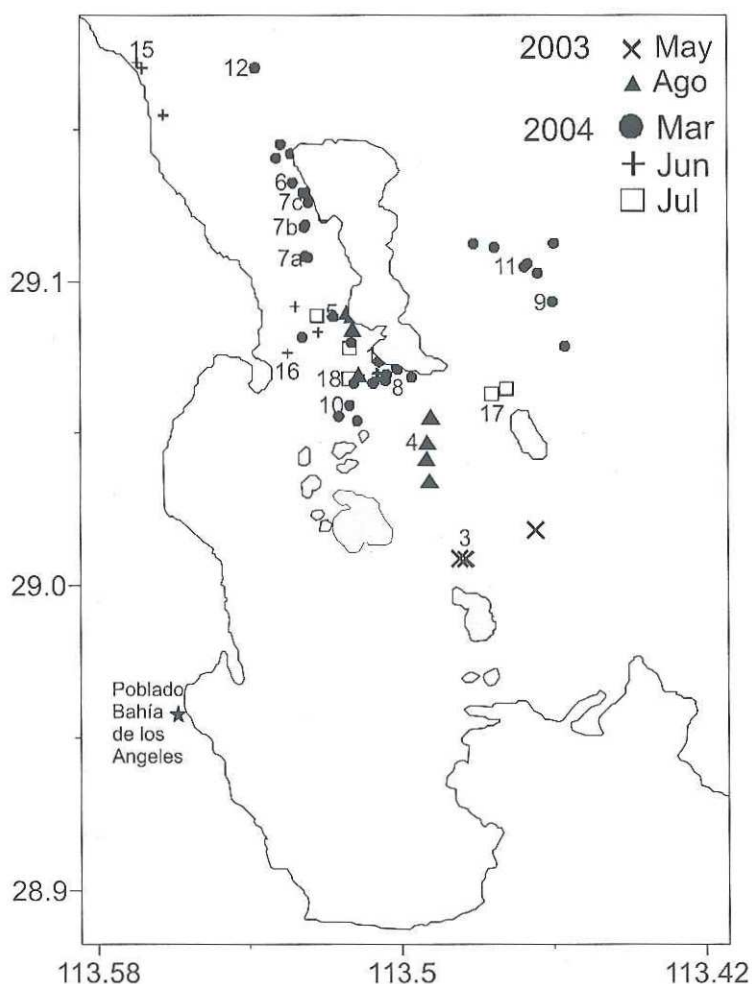


Figura 17. Ubicación de los enjambre superficiales diurnos de *Nyctiphanes simplex* observados en el Canal de Ballenas durante 2003 y 2004. Los números corresponden a cada enjambre (Tabla VI) y los símbolos a los avistamientos de rorcuales de cada mes. Los enjambres 1, 2, 19 y 13 no se muestran ya que ocurrieron al sur y este, respectivamente, del área presentada en el mapa.

Tabla VI. Abundancia y porcentaje de los adultos de *Nyctiphanes simplex* presentes en los enjambres superficiales diurnos. Longitud promedio ($\pm$ Desviación Estándar) de los organismos adultos.

Muestra	Total (ind/m ³)	Adultos %	Longitud Adultos (mm)
2003			
1	160	0.0	
2	176	0.03	9.1 $\pm$ 1.1
3	151		
4	15	0.9	8.8 $\pm$ 0.8
5	650	62.2	9.0 $\pm$ 1.0
2004			
6	47	31.5	8.2 $\pm$ 0.5
7a	350	2.7	9.8 $\pm$ 1.1
7b	44	3.4	10.7 $\pm$ 1.2
7c	19	77.9	11.2 $\pm$ 1.5
8a	12	85.2	12.1 $\pm$ 1.7
8b	6	40.6	10.9 $\pm$ 2.1
9	150	99.0	13.1 $\pm$ 2.0
10a	28	31.9	13.8 $\pm$ 2.1
10b ^a		0.0	
11	1617	28.0	14.6 $\pm$ 1.0
12 ^a		13.5	12.9 $\pm$ 1.8
13	451	0.3	10.7 $\pm$ 1.5
14	81	12.6	10.2 $\pm$ 1.4
15	8	18.6	11.0 $\pm$ 1.2
16	38	45.9	10.6 $\pm$ 1.6
17	44	16.9	12.5 $\pm$ 3.5
18	9394	85.2	10.5 $\pm$ 1.4
19	20	0.0	

^a Colectada a mano con el copo de la red, no se estimó la abundancia.

III.4.2. Diferencias estacionales e interanuales.

La abundancia relativa de rorcuales en el Canal de Ballenas fue más alta durante 2004 (2.07 ind/h) que durante 2003 (0.39 ind/h; Tabla V; $U = 878.5$, $p < 0.0001$). La abundancia de rorcuales varió entre las estaciones de ambos años (2003 $H_{(3, n = 69)} = 13.84$, $p = 0.0031$, 2004 $H_{(3, n = 69)} = 22.68$, $p < 0.0001$); presentaron la abundancia máxima durante la transición invierno-primavera y el verano de ambos años mientras que los rorcuales fueron relativamente escasos durante el otoño (Tabla V). El incremento en abundancia de los rorcuales durante la primavera y el verano coincidió con la ocurrencia de los enjambres superficiales diurnos de *N. simplex*. Los contrastes *a posteriori* indicaron que la abundancia de rorcuales durante 2003 fue significativamente mayor en el verano ($p < 0.05$) que en el resto de las estaciones. Durante 2004 sucedió una situación similar con un incremento muy significativo de la abundancia de rorcuales comunes entre la primavera y el verano ($p = 0.0097$) y una disminución del verano al otoño ($p = 0.0002$; Tabla V).

Los valores de la temperatura superficial del mar registrados durante 2003 indicaron que la temperatura del agua fue más elevada en 2003 (promedio $25.2 \pm 3.3^{\circ}\text{C}$) que en 2004 ($23 \pm 4.1^{\circ}\text{C}$; $t = 6.44$, $g.l. = 548$, $p < 0.0001$). Particularmente, estas diferencias entre años fueron más evidentes durante los meses de marzo y octubre (Fig. 16).

III.5 Discusión

III.5.1. Actividad de forrajeo de los rorcuales.

Se identificó un patrón característico de distribución de la actividad de forrajeo en superficie de los rorcuales comunes en el Canal de Ballenas. Los rorcuales se alimentaron de los enjambres de *N. simplex* principalmente en las aguas adyacentes a Isla Coronado durante la primavera y el verano. Aunque se ha reportado alguna periodicidad en la ocurrencia de depredadores marinos alimentándose en la superficie de enjambres de eufáusidos durante el día (Brown *et al.*, 1979; Gill, 2002), en general, el forrajeo de las ballenas y rorcuales sobre este tipo de agregaciones de eufáusidos ha sido considerado como un evento esporádico y oportunista.

La biomasa más alta de *N. simplex* registrada en los enjambres superficiales diurnos fue de 88 g/m^3 (peso húmedo), la cual es más alta que el máximo (32.6 g/m^3 , peso húmedo) reportado por Gendron (1992) para el Golfo de California. Sin embargo, en el presente estudio el intervalo de biomasa fue mayor que el reportado por Gendron (0.7 a 3.2 g/m^3 ; 1992). Esta diferencia quizá se debió a la variabilidad en la densidad de organismos adultos presentes en los enjambres. Por ejemplo, en contraste a los 88 g/m^3 del enjambre 18, en el enjambre 11 la cantidad de adultos representó 13 g/m^3 o sólo 0.02 g/m^3 en el enjambre 13. A pesar de la gran variabilidad en los valores de biomasa, las estimaciones obtenidas concuerdan con el valor mínimo de concentración de presas de 17.5 g/m^3 que el rorcual común requiere diariamente (Brodie, 1978). Adicionalmente, la presencia de los rorcuales comunes forrajeando en la mayoría

de los enjambres superficiales indicó que la abundancia de eufáusidos fue suficiente para ser un recurso alimenticio atractivo a los rorcuales.

Con excepción de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), la cooperación entre organismos durante la alimentación ha sido descrita en raras ocasiones para otras especies de ballenas o rorcuales (Evans, 1987). El presente trabajo corrobora y proporciona evidencia detallada sobre la cooperación entre rorcuales durante la actividad de forrajeo a lo largo de la costa oeste de la Isla Coronado en el Golfo de California. Observaciones anteriores realizadas en el Canal de Ballenas por Tershy *et al.* (1993) ya habían sugerido la conducta cooperativa entre los rorcuales comunes durante la alimentación. Estas observaciones y las llevadas a cabo por Canese *et al.* (2005) en el Mar Mediterráneo sugieren que las embestidas de alimento realizadas por los rorcuales comunes de forma cooperativa son más comunes y forman una parte importante de la conducta de forrajeo en esta especie.

III.5.2. Diferencias estacionales e interanuales

En ambos periodos del año (frío y cálido) se observó a los rorcuales comunes alimentándose en el Canal de Ballenas; lo anterior indica que los rorcuales permanecen lo largo del año en latitudes bajas si disponen de alimento (Aguilar, 2002; Urbán *et al.*, 2005). Adicionalmente, los datos revelaron que los movimientos estacionales y las embestidas de alimento de los rorcuales comunes estuvieron estrechamente ligados a la distribución en parche de los enjambres superficiales diurnos del eufáusido *N. simplex*. Esto es importante porque

observaciones anteriores de los desplazamientos de los rorcuales comunes a través del Golfo de California no habían identificado que los movimientos estacionales de los animales estuvieran asociados con la ocurrencia efímera y en parche de concentraciones altas de su presa principal (Urbán *et al.*, 2005). Cabe destacar que Urbán *et al.* (2005) colocaron durante la primavera de 2001 marcas de satélite a 11 rorcuales comunes de la región sur del Golfo de California. Tres de estos 11 organismos concentraron sus movimientos en la región de las grandes islas durante el verano de 2001, donde los valores de clorofila fueron los más altos dentro del Golfo de California (Urbán *et al.*, 2005). Estos datos y la información generada en el presente estudio indican que los rorcuales comunes en el Golfo de California se desplazan regularmente por distancias de más de 400 km (Urbán *et al.*, 2005) para localizar los enjambres de eufáusidos y forrajear en áreas específicas que contienen densidades relativamente altas de presas. Con base en este tipo de observaciones se sugiere que los patrones estacionales en la abundancia de rorcuales comunes pueden ser un indicador importante de la productividad biológica en el Canal de Ballenas y en general en el Golfo de California.

Aun cuando los enjambres de eufáusidos y los rorcuales comunes estuvieron presentes en el Canal de Ballenas durante los dos años de estudio, ambos fueron más abundantes durante 2004 que durante 2003. Las diferencias en la temperatura superficial del mar entre los dos años indicaron un calentamiento ligero durante 2003, el cual pudo haber influido en la productividad de los eufáusidos y por lo tanto disminuir la disponibilidad de alimento para los rorcuales.

Este calentamiento, aparentemente anómalo, en el Golfo de California quizá estuvo relacionado con un evento débil El Niño de 2003-2004 (Lagerloef *et al.*, 2004; McPhaden 2004). Claramente, los movimientos y conducta de alimentación de los rorcuales comunes en un año dado varían de acuerdo con factores ambientales. Por lo anterior, se recomiendan estudios a largo plazo para analizar los cambios interanuales en la ecología de forrajeo del rorcual común en el Canal de Ballenas. Este tipo de datos proporcionará información importante sobre la forma en que las variaciones ambientales y los ciclos regulares de la temperatura superficial del mar influyen en la productividad de la población de los rorcuales comunes en el extremo sur de su distribución, así como con información relevante sobre los factores que promueven la evolución de la conducta cooperativa durante la alimentación entre los rorcuales y las ballenas en general.

CAPÍTULO IV

IV. Estructura del zooplancton y fases de desarrollo de los eufáusidos

IV.1. Resumen

El objetivo del presente capítulo fue identificar los grupos taxonómicos principales del zooplancton y la proporción que los eufáusidos representan dentro de la comunidad. De igual forma se examinó la estructura de los enjambres de superficiales diurnos de eufáusidos. Durante 2003 y 2004 se realizaron cuatro visitas (invierno-primavera, primavera, verano y otoño) por año a la zona de estudio. Las muestras de zooplancton se obtuvieron a partir de los arrastres realizados durante los transectos lineales y de las agregaciones superficiales de eufáusidos. En ambas ocasiones se navegó en embarcaciones menores de 6 m de eslora. La biomasa de zooplancton no mostró diferencias significativas entre los años de estudio. A escala estacional el cambio más notorio fue la disminución de biomasa durante el verano de 2004. Los grupos de mayor contribución proporcional al zooplancton fueron los copépodos, cladóceros, eufáusidos, quetognatos y apendicularias. En las muestras de los transectos, los copépodos fueron los organismos más abundantes mientras que en algunas muestras de los enjambres superficiales los eufáusidos fueron los que dominaron y en otras presentaron abundancias similares a la de los copépodos. *Nyctiphanes simplex* estuvo presente en todas las muestras de zooplancton que contuvieron eufáusidos. En las muestras colectadas durante los transectos predominaron larvas del estadio tercero de caliptopis (C3) mientras que la mayoría (84%) de las muestras de los enjambres superficiales presentaron organismos adultos así como

también proporciones variables de caliptopis, furciliias y juveniles. La abundancia de *N. simplex* en los enjambres superficiales fluctuó entre 8 y 650 ind/m³, aunque se encontraron abundancias mayores a 1500 ind/m³. Tres enjambres superficiales revelaron una estructura horizontal por edades, con predominancia de larvas de un lado y de adultos en el lado opuesto. Este ordenamiento ontogénico puede indicar diferencias en las velocidades de nado o una estrategia para reducir la competencia. La abundancia de *N. simplex* fue un buen indicador del alimento disponible para los rorcuaes comunes.

IV.2. Introducción

Los estudios de zooplancton que incluyen al Canal de Ballenas son escasos (Mundhenke, 1969; Brinton y Townsend, 1980; Brinton *et al.*, 1986; Sánchez-Velasco *et al.* 2002), a diferencia de los existentes sobre fitoplancton, clorofila *a* y producción primaria, que señalan a esta región como una de las más productivas del Golfo de California (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Millán *et al.*, 1993; Santamaría del Ángel *et al.*, 1994; Millán-Nuñez y Yentsch, 2000; entre otros). En contraste, el volumen de zooplancton en la región de Canal de Ballenas es aparentemente bajo comparado con otras regiones del golfo, si se consideran las estimaciones basadas en los cruceros CalCOFI de 1956-1957 (Brinton y Townsend, 1980). Sin embargo, estos autores observaron que la variabilidad fue menos extrema en Canal de Ballenas que en el centro y sur del golfo, donde la biomasa de zooplancton disminuyó marcadamente de abril a agosto.

En un estudio mas reciente se analizaron los cambios en biomasa de zooplancton durante El Niño 1997-1998, y se observó de nuevo una disminución tanto en la zona de las grandes islas (incluido Canal de Ballenas) como en el golfo central (Sánchez-Velasco *et al.* 2002). Asimismo, se repitió la tendencia a cambios moderados y una rápida recuperación de la biomasa en torno a las grandes islas en comparación con el golfo central. Es importante señalar que la biomasa en volumen de zooplancton puede ser un pobre estimador de la concentración de alimento disponible para los rorcuales. Dentro del zooplancton se agrupan muy diversos tipos de organismos, muchos de los cuales tienen grandes cuerpos gelatinosos que influyen en la estimación volumétrica y no forman parte de la dieta de los rorcuales. Si el interés es determinar cuándo y dónde hay alimento disponible para los mamíferos planctívoros, es necesario analizar la estructura de la comunidad.

La estimación de la abundancia y biomasa de eufáusidos puede brindar un mejor estimador, ya que son el alimento principal de los rorcuales (Nemoto, 1957; Kawamura, 1982). Como ya se ha mencionado en los capítulos anteriores, *Nyctiphanes simplex* es el eufáusido predominante del Golfo de California, con máxima abundancia en primavera-verano (Brinton y Townsend, 1980). Precisamente en Agosto de 1957, la zona de Canal de Ballenas, y la región adyacente a la Islas de San Pedro Mártir y Tiburón registró una gran concentración de *N. simplex*, en franco contraste con el resto del golfo. La contracción de la población de *N. simplex* a la zona de las grandes islas debida al calentamiento estacional, parece haber sido reforzada por el evento El Niño de

1957-1959 que ejerció un fuerte impacto en el Golfo de California, así como en el resto de la cuenca del Pacífico. Para la temporada de otoño sólo están disponibles datos de unas cuantas colectas realizadas en septiembre-noviembre de 1967 (Mundhenke, 1969). De las tres especies de eufáusidos reportadas por este autor para el Canal de Ballenas, *Nematoscelis difficilis* fue la dominante seguida de *N. simplex* y *Euphausia eximia*. La baja abundancia de *N. simplex* en todo el Golfo de California sugiere que su abundancia disminuye considerablemente en el otoño, sin embargo, espacial y temporalmente representan muy pocas observaciones para establecer tendencias.

Otra evidencia directa de la disponibilidad de presas para los rorcuales la constituye la presencia de enjambres superficiales diurnos de eufáusidos (de aquí en adelante enjambres superficiales). Como ya se mencionó en el capítulo III, el patrón típico de migración vertical de *N. simplex* es descender hacia aguas relativamente profundas durante el día y ascender a la superficie durante la noche (Brinton, 1967; Lavaniegos, 1996). Sin embargo, ocasionalmente estos eufáusidos se agregan en la superficie durante el día (Ritz, 1994). Algunos autores, con base en el estado de desarrollo de los eufáusidos, de la proporción de sexos y de la presencia de huevos en los enjambres superficiales, han explicado estas agregaciones diurnas como un fenómeno relacionado con la reproducción y maduración (Nicol, 1984; Endo *et al.*, 1985; O'Brien, 1988; Smith y Adams, 1988; Gendron, 1992). Otros autores han asociado la ocurrencia de estos enjambres con procesos oceanográficos físicos (Komaki, 1967; Brown *et al.*, 1979). En algunos otros casos se ha sugerido que los depredadores pueden ser los responsables de

conducir a los eufáusidos a la superficie de mar (Brown *et al.*, 1979; Wilson *et al.*, 2001) y en otras ocasiones no se ha atribuido ningún factor específico a la presencia de estas agregaciones (Nicol *et al.*, 1987; Wilson *et al.*, 2001). De cualquier forma, estos enjambres superficiales constituyen una fuente importante de alimento para los rorcuales.

En el capítulo precedente se analizó la ocurrencia de los enjambres diurnos durante el periodo de estudio. En el presente capítulo se examinará la estructura del zooplancton de las colectas provenientes de las estaciones que se ubicaron en los transectos lineales así como de las muestras de los enjambres superficiales. Se identificarán los grupos taxonómicos mayores del zooplancton y la proporción que los eufáusidos representan dentro de la comunidad, así como su estructura poblacional.

IV.3. Metodología

IV.3.1. Trabajo de Campo

En las secciones metodológicas de los capítulos II y III se describieron los procedimientos de campo para la obtención de muestras de zooplancton en los transectos lineales y en los enjambres superficiales respectivamente. El total de muestras recolectadas fue de 150: 54 colectadas en 2003, 77 en 2004 y 19 de los enjambres superficiales. En tres ocasiones se colectó más de una muestra de un mismo enjambre superficial, cuando éstos presentaron una extensión de 1 a 6 km.

IV.3.2. Trabajo de laboratorio

Primero se midió el volumen de zooplancton (de aquí en adelante biomasa de zooplancton) por el método de volumen desplazado (Kramer *et al.*, 1972). Posteriormente se contaron e identificaron los grupos del zooplancton de acuerdo con Yamaji (1966), Boltovskoy (1981) y Gasca y Suárez (1996). Los métodos de identificación de eufáusidos y sus fases de vida, así como los resultados encontrados en las muestras procedentes de los transectos lineales ya fueron descritos (ver Cap. II). Aquí se mostrarán los resultados encontrados en los enjambres diurnos y se compararán con aquellos datos.

IV.3.3. Análisis de datos

La biomasa de zooplancton se estandarizó a $\text{ml}/1000 \text{ m}^3$, mientras que la abundancia de los diferentes grupos de zooplancton a número de individuos por m^3 . Considerando que los datos no presentaron una distribución normal la biomasa de zooplancton y la abundancia media de los grupos de zooplancton se expresó con la media geométrica, es decir la media logarítmica retransformada. La transformación que se aplicó a los datos antes de promediarlos fue $\text{Log } X_i + 1$. La media geométrica se considera un valor más representativo de la tendencia central. A partir de estos valores se calculó la abundancia absoluta (ind/m^3) y relativa (porcentaje) de cada grupo del zooplancton para 2003 y 2004.

Tomando en cuenta que el Canal de Ballenas presenta características diferentes (por ej. topografía muy irregular, profundidades de 100-1500 m, surgencias persistentes) con respecto a Bahía de los Ángeles (pendiente suave,

profundidades de 10-100 m) el análisis de los datos se realizó por separado para cada una de estas zonas.

Se estimó la proporción de machos y hembras de *N. simplex* sólo en las muestras de los enjambres superficiales ya que todas, a excepción de tres, presentaron organismos adultos. En el mapa batimétrico digitalizado de Canal de Ballenas (López *et al.*, 2006) se ubicó cada una de las muestras colectadas de los diferentes enjambres superficiales.

Debido a la falta de normalidad en los datos de biomasa de zooplancton, se empleó la prueba estadística de Mann-Whitney para la comparación entre años y el análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis (Siegel, 1990) para la comparación entre estaciones del año.

IV.4. Resultados

IV.4.1. Biomasa de zooplancton

La biomasa de zooplancton fue muy variable y en general presentó valores más altos para la zona de Bahía de los Ángeles que para el Canal de Ballenas (Figs. 18 y 19). En esta última zona la biomasa de zooplancton osciló entre una media geométrica de 24-1540 ml/1000m³ durante 2003 y de 12-1955 ml/1000m³ durante 2004. A diferencia de lo anterior, en Bahía de los Ángeles se registraron valores de 122-1222 ml/1000m³ durante 2003 y de 208-2139 ml/1000m³ durante 2004. Las diferencias entre años no fueron estadísticamente significativas para ninguna de las zonas. En el Canal de Ballenas la comparación entre estaciones del año no

mostró diferencias significativas para 2003 ($H_{(2, n = 45)} = 5.32$ $p = 0.069$), pero sí para 2004 ($H_{(3, n = 63)} = 10.88$, $p = 0.012$). Las pruebas *a posteriori* indicaron que el verano de 2004 fue diferente con respecto a la primavera ($p = 0.02$) y el otoño ($p = 0.038$). Cabe destacar que para 2003, el verano fue la estación del año que presentó la biomasa más alta (media geométrica de 350 ml/1000 m³) mientras que para 2004 presentó los valores más bajos (83 ml/1000 m³; Fig. 18). La situación inversa ocurrió en la primavera, en esta época del año se presentó el valor más bajo de biomasa en 2003 (media geométrica de 151 ml/1000 m³) y el más alto en 2004 (257 ml/1000 m³; Fig. 18). Para Bahía de los Ángeles la comparación entre estaciones del año no mostró diferencias significativas para ninguno de los años de estudio. Lo anterior se pudo deber, en parte, a la gran variación de los valores de biomasa y al bajo número de muestras de zooplancton colectadas en la bahía con respecto al canal (Fig. 18). Dada la alta variabilidad de los valores de biomasa, en las gráficas se emplearon promedios de biomasa e intervalos de confianza en datos transformados con la función: $\log(x + 1)$.

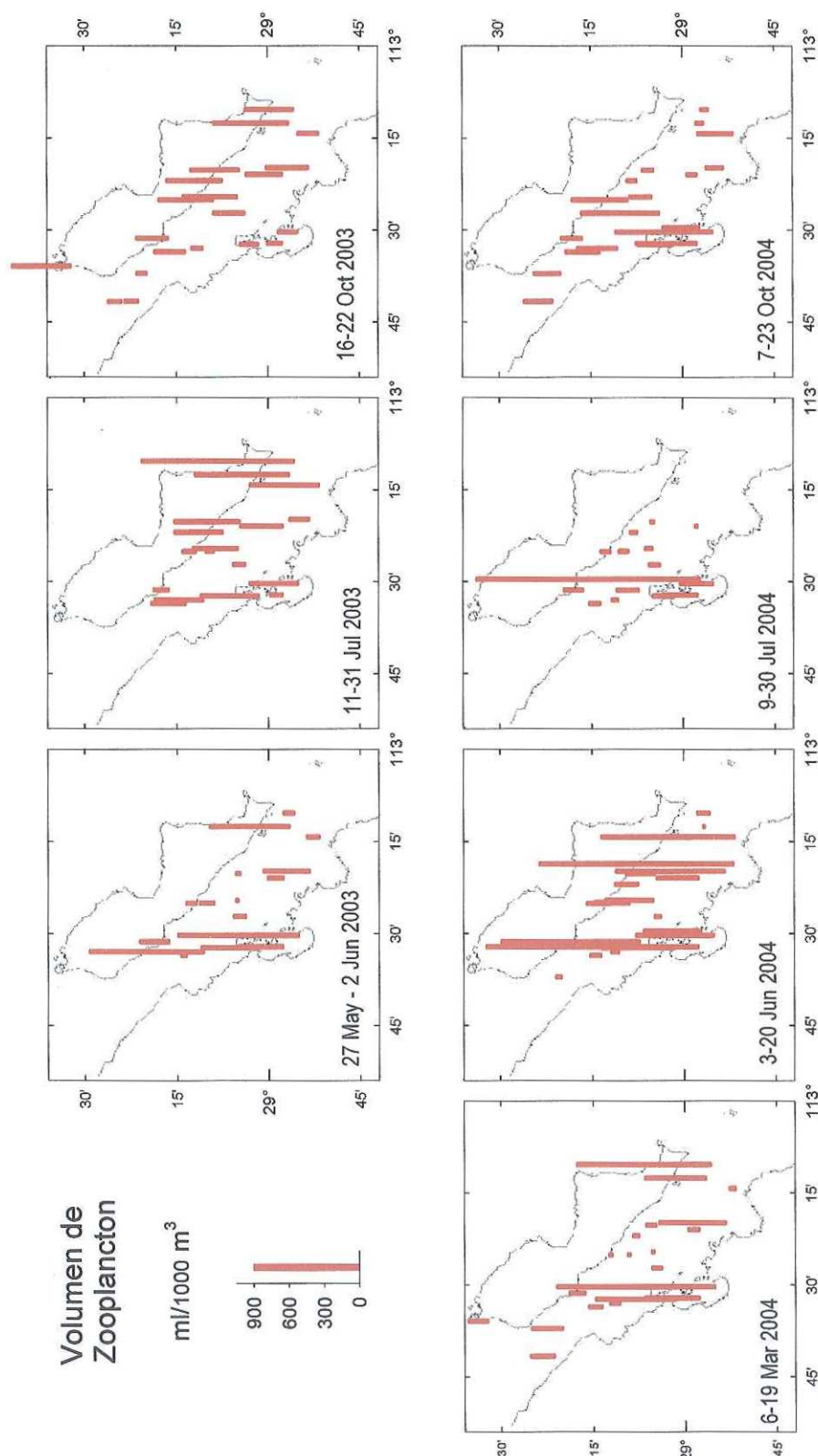


Figura 18. Biomasa de zooplancton (ml/1000m³) durante la diferentes estaciones del año de 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles.

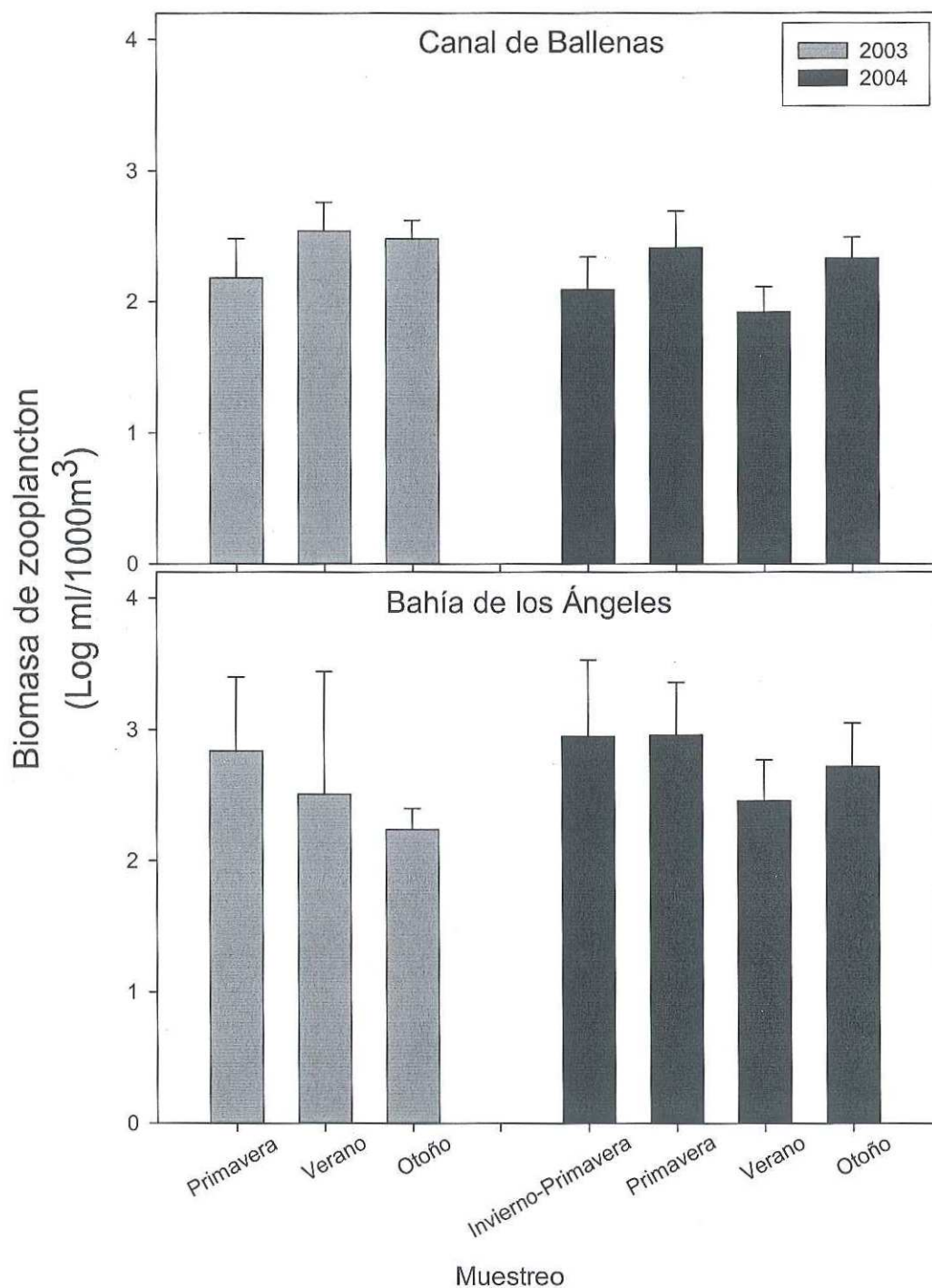


Figura 19. Comparación de la biomasa de zooplancton entre estaciones del año de 2003 y 2004 en Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. Intervalos de confianza al 95%.

IV.4.2. Contribución proporcional de cada grupo de zooplancton

Se encontraron grupos muy diversos cuya filiación taxonómica se muestra a continuación:

Phylum Protozoaria

Orden Foraminifera

Phylum Cnidaria

Clase Siphonophora

Clase Hydromedusae

Phylum Ctenophora

Phylum Annelida

Clase Polychaeta

Phylum Mollusca

Clase Cephalopoda

Clase Gastropoda (larvas de pterópodos, heterópodos)

Clase Bivalvia (larvas)

Phylum Arthropoda

Subphylum Crustacea

Clase Branchiopoda (cladóceros)

Clase Maxilopoda (larvas de cirrípedos, copépodos)

Clase Ostracoda

Clase Malacostraca (estomatópodos, misidáceos, eufáusidos, decápodos, sergéstidos)

Phylum Bryozozaria (larvas)

Phylum Phoronida

Phylum Chaetognatha

Phylum Echinodermata (larvas)

Phylum Chordata

Subphylum Tunicata (apendicularias, doliólidos, salpas)

Subphylum Vertebrata (huevos y larvas de peces)

Esta es una clasificación reducida que incluye solamente los grupos presentes en el zooplancton analizado. A pesar de la diversidad encontrada, los grupos de mayor contribución proporcional al zooplancton fueron solamente cinco: copépodos, cladóceros, eufáusidos, quetognatos y apendicularias. De éstos, los copépodos representaron el mayor porcentaje para ambos años de estudio, tanto para el Canal de Ballenas como para Bahía de los Ángeles (Figs. 20 y 21). La abundancia de cada grupo del zooplancton fue diferente para ambos años de estudio (Apéndice II), sin embargo, los copépodos mostraron una proporción alta tanto para 2003 como para 2004 en el Canal de Ballenas (89 y 86%, respectivamente) y Bahía de los Ángeles (89 y 78%, respectivamente). Por lo anterior, para visualizar mejor los cambios registrados en el resto de los grupos, se graficó la abundancia de los grupos del zooplancton sin considerar a los copépodos (Figs. 20-21 b y d).

Al comparar el Canal de Ballenas con Bahía de los Ángeles (Figs. 21b y d), destaca el hecho de que los eufáusidos contribuyeron con una proporción importante a la biomasa de zooplancton del Canal de Ballenas, principalmente durante la primavera de ambos años de estudio. Sin embargo, los eufáusidos representaron un porcentaje bajo para el zooplancton de la bahía. En general, hubo una mayor proporción de apendicularias en el canal, mientras que en la bahía fue más conspicua la presencia de los cladóceros. En lo que respecta a los quetognatos, estos tuvieron una contribución importante al zooplancton de ambas zonas, con excepción del invierno-primavera de 2004 y de la primavera de 2003 para Bahía de los Ángeles.

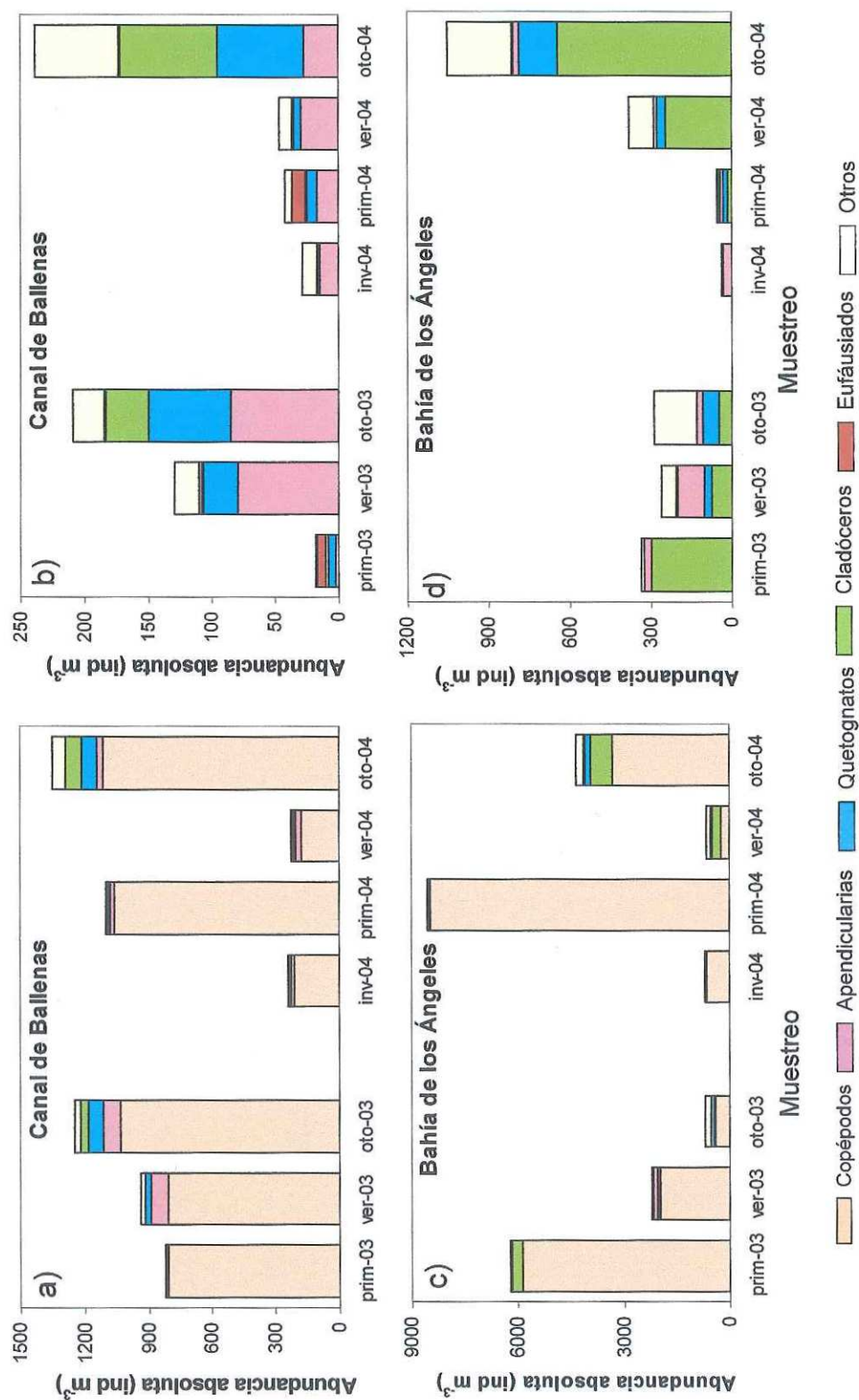


Figura 20. Abundancia absoluta de cada grupo del zooplankton durante 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. a) y c) incluyendo todos los grupos; b) y d) sin incluir a los copépodos.

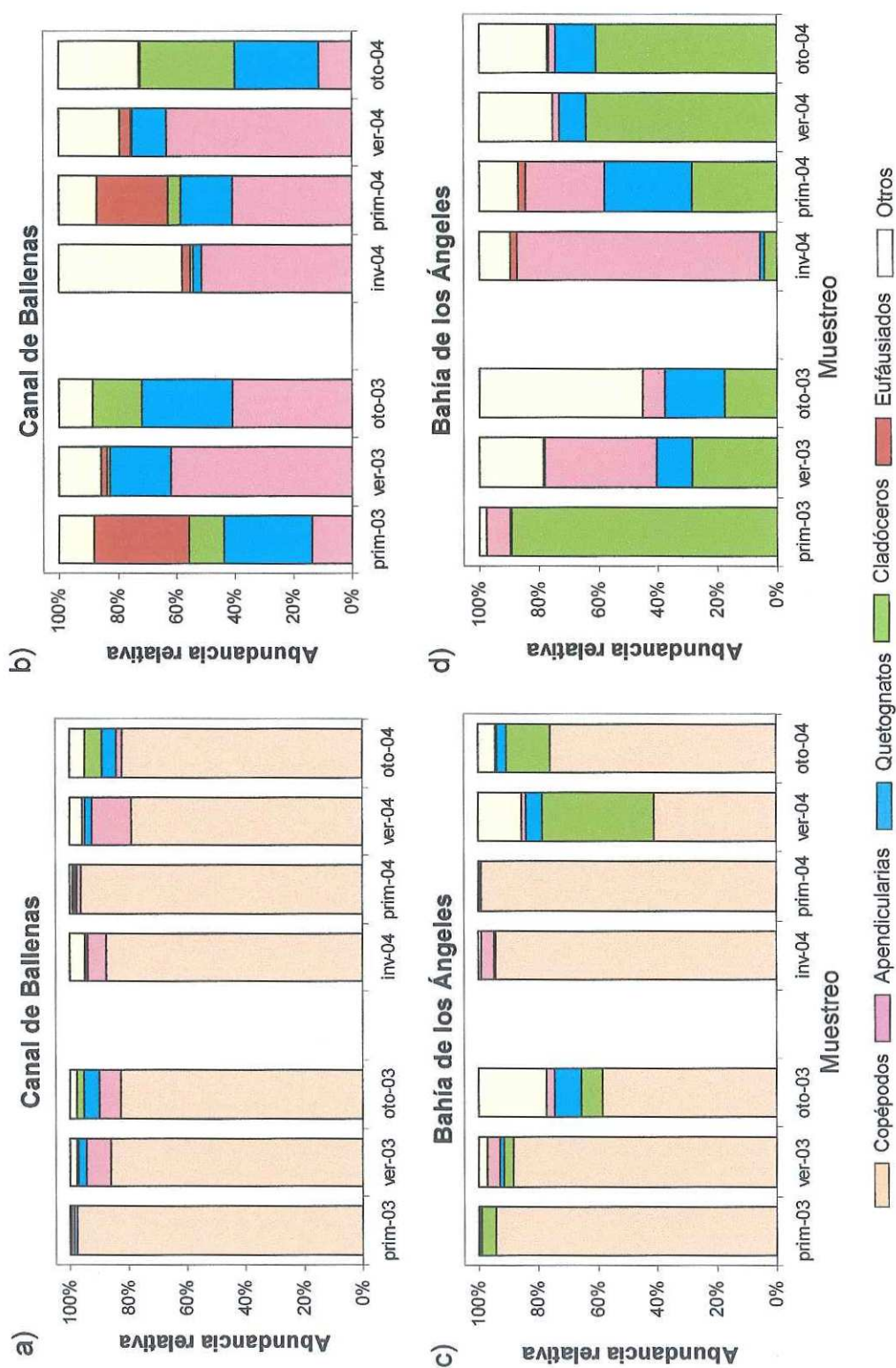


Figura 21. Abundancia relativa de cada grupo del zooplancton durante 2003 y 2004 en el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles. a) y c) incluyendo todos los grupos; b) y d) sin incluir a los copépodos.

Tanto para el Canal de Ballenas como para Bahía de los Ángeles, la variación estacional de la abundancia de los principales taxa del zooplancton difirió entre ellos y en algunos casos también entre años (Figs. 22 y 23). Los quetognatos fueron el único grupo que mostró la misma tendencia, de incrementarse del inicio de año hacia el otoño, en ambas zonas y años de estudio. Los copépodos mostraron los mismos cambios estacionales de abundancia durante 2004 en la bahía y el canal pero no en 2003. El resto de los grupos mostró una gran variabilidad, e incluso un mismo grupo mostró tendencias diferentes para un mismo año entre la bahía y el canal. Por ejemplo, en el Canal de Ballenas los copépodos se mantuvieron sin cambios estacionales durante 2003 (Fig. 22) mientras que ese mismo año en Bahía de los Ángeles disminuyeron notoriamente de la primavera al otoño (Fig. 23). En general, la abundancia de los grupos del zooplancton en Bahía de los Ángeles (Fig. 23) varió notoriamente entre años quizá debido a que se contó con un número menor de muestras de Bahía de los Ángeles con respecto al Canal de Ballenas. Por otra parte, en el canal los cladóceros variaron igual en 2003 y 2004, presentando un decremento en abundancia de la primavera al verano y un aumento del verano al otoño (Fig. 22). Los eufáusidos, en ambos años, disminuyeron de la primavera al otoño, aunque esta disminución fue más drástica durante 2003. Las apendicularias fueron las que presentaron mayores contrastes, con un dramático incremento de primavera a verano en 2003, mientras que en 2004 se mantuvieron sin cambios estacionales. Una situación similar ocurrió con los copépodos, durante 2003 se mantuvieron sin cambios mientras que en 2004 presentaron fluctuaciones estacionales.

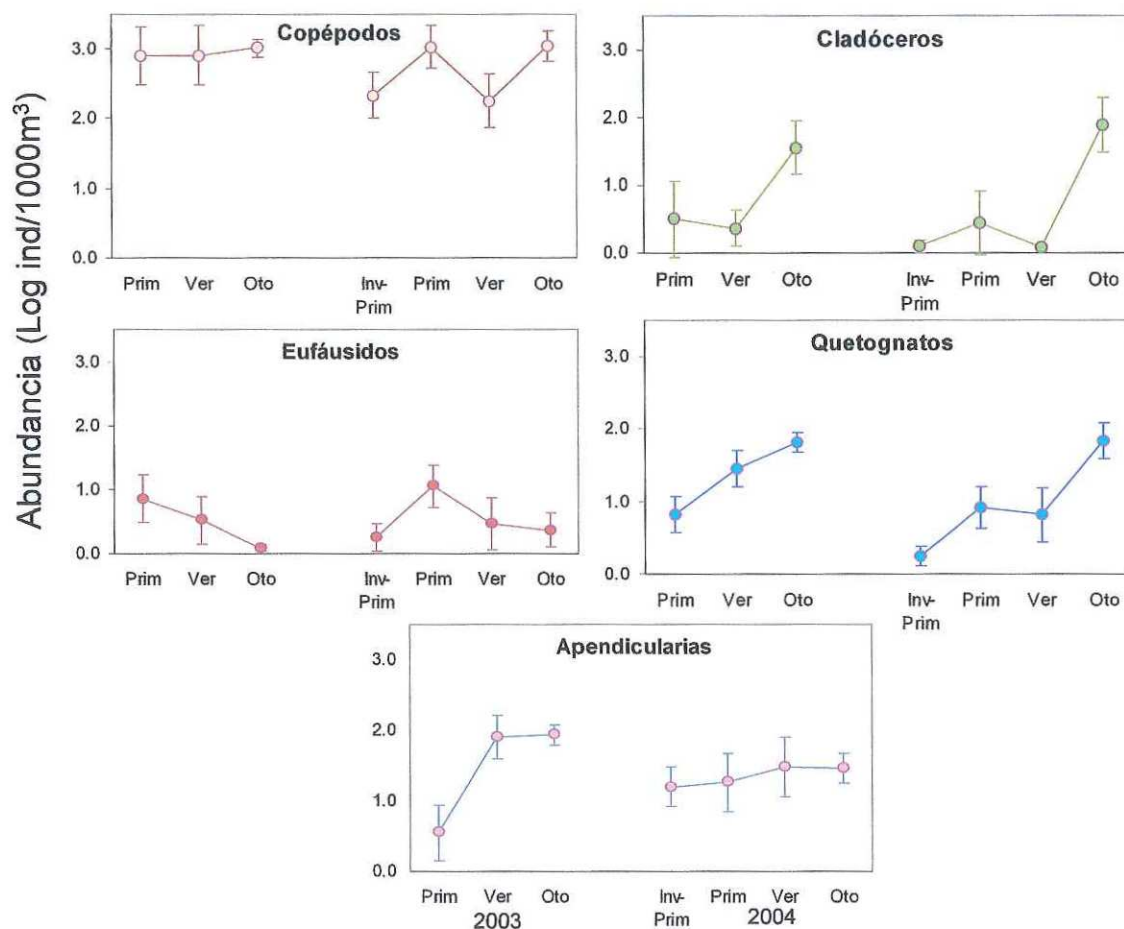


Figura 22. Variación estacional de la abundancia de los principales grupos del zooplancton durante ambos años de estudio en el Canal de Ballenas. La primera serie de cada gráfica corresponde a la primavera, verano y otoño de 2003 mientras que la segunda serie corresponde a la transición invierno-primavera, primavera, verano y otoño de 2004. Intervalos de confianza al 95%.

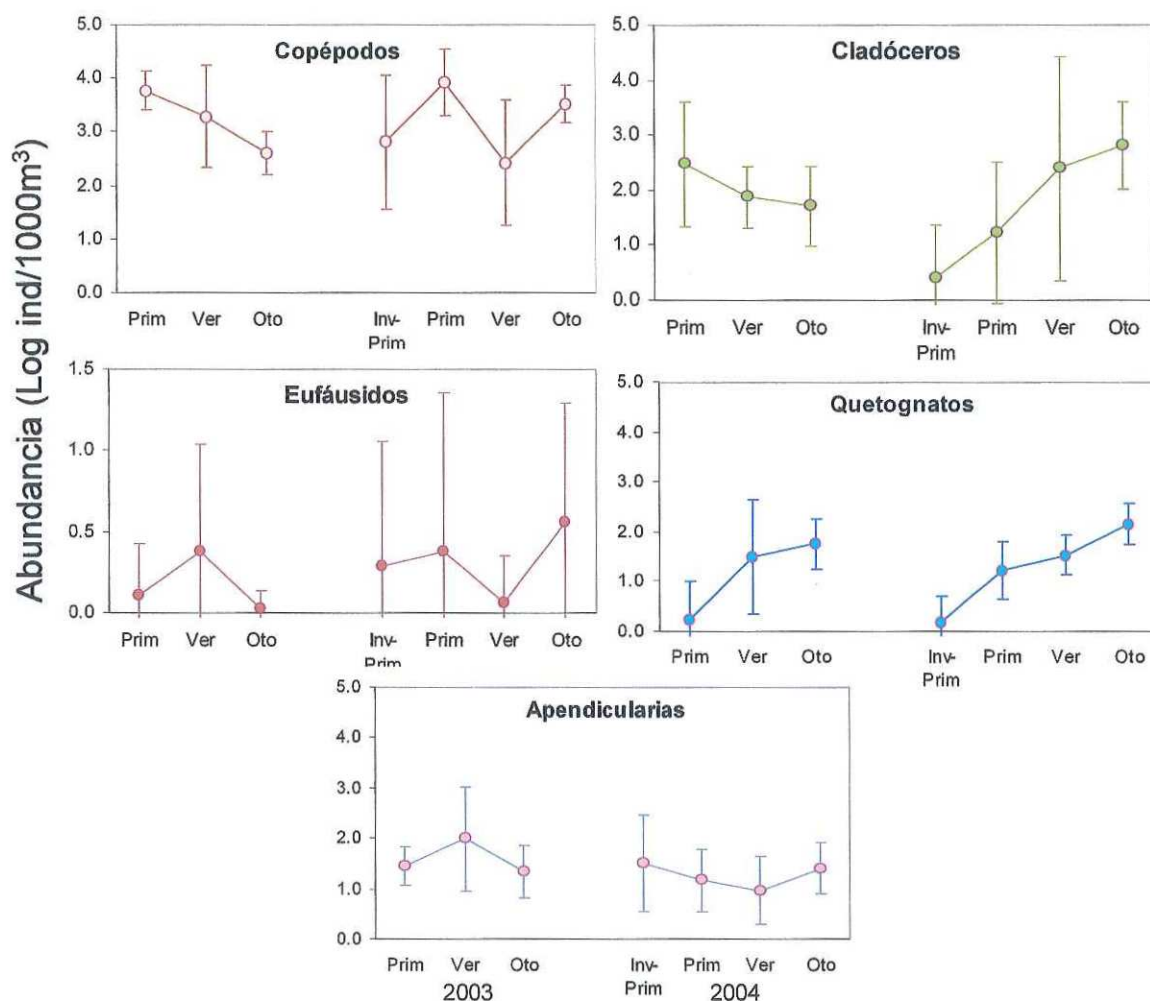


Figura 23. Variación estacional de la abundancia de los principales grupos del zooplancton durante ambos años de estudio en Bahía de los Ángeles. La primera serie de cada gráfica corresponde a la primavera, verano y otoño de 2003 mientras que la segunda serie corresponde a la transición invierno-primavera, primavera, verano y otoño de 2004. Intervalos de confianza al 95%.

IV.4.3. Composición por especies y estadio de desarrollo de los eufáusidos

En todas las muestras de zooplancton que contuvieron eufáusidos, estuvo presente *Nyctiphanes simplex*. Solamente en cuatro muestras se encontraron otras especies de eufáusidos: dos muestras de otoño 2003, una con furcillas de *Euphausia distinguenda* (est. 21) y otra con caliptopis de *Euphausia eximia* y *Nematoscelis difficilis* (est. 14); dos muestras de invierno-primavera 2004 presentaron individuos de *N. difficilis* (furcillas y un adulto en la est. 1 y caliptopis en la est. 18). En las muestras colectadas en los transectos predominaron larvas del estadio tercero de caliptopis (C3; Fig. 4). Sólo 4 de las 131 muestras que suman ambos años contuvieron organismos adultos de *N. simplex*, todas ellas de 2004. En contraste, la mayoría de las muestras (84%) de los enjambres superficiales presentaron organismos adultos así como también proporciones variables de caliptopis, furcillas y juveniles (Tabla VII).

IV.4.4. Forma y estructura de los enjambres superficiales diurnos de *Nyctiphanes simplex*

Los enjambres superficiales mostraron diferentes formas, densidades y tamaños. Tres de ellos fueron muy extensos, abarcando longitudes de 1 a 6 km, por lo que se colectó más de una muestra de un mismo enjambre (Tabla VII). La mayoría de los enjambres de 2003 tenían una composición larval, (caliptopis y furcilia) mientras que en 2004 se encontró un alto número de adultos en casi todos los enjambres superficiales. Los juveniles representaron la proporción más baja en

la mayoría de ellos. La longitud de los adultos varió entre 8.2 y 14.6 mm. La proporción de hembras fue ligeramente mayor, aunque en algunas ocasiones llegaron a duplicar el número de los machos y en el enjambre 11 la proporción hembra:macho alcanzó el valor de 4.8 (Tabla VII).

Se encontraron abundancias mayores a 1500 ind/m³ en los enjambres 11, 18 y 19 (Tabla VII), mientras que en el resto la abundancia fluctuó entre 8 y 650 ind/m³. Por lo general, los eufáusidos de mayor talla se observaron en los dos primeros metros superficiales y ocasionalmente rompiendo la superficie del mar. En algunos enjambres se observaron múltiples depredadores (rorcuales, pelícanos, sardinas y barriletes en el enjambre 5 y calamares y gaviotas en el enjambre 11) en frenesí alimentario.

El enjambre siete fue particularmente largo y, aunque la superficie del mar se veía rojiza, los eufáusidos estuvieron dispersos y los de mayor tamaño tendían a permanecer por debajo de 1 m de profundidad. También horizontalmente se observaron diferencias en las tres muestras colectadas con una separación entre ellas de 700-900 m, revelando una estructura horizontal por edades a través del enjambre. Los eufáusidos adultos predominaron en un 78% en un extremo del enjambre (sitio 7c), 74% de las furciliias en el medio (sitio 7b) y 90% de los caliptopis en el sitio 7a (Fig. 17). Los enjambres ocho y diez también mostraron una estructura horizontal. La mayoría (85%) de los individuos de la muestra 8a fueron adultos mientras que en la muestra 8b, separada de la anterior por 60 m, hubo un 41% de adultos. El enjambre diez presentó 32% de adultos en un sitio y 99.5% de furciliias en otro sitio, alejado 660 m del anterior.

Tabla VII. Abundancia y porcentaje de los diferentes estadios de desarrollo de *Nyctiphanes simplex* en los enjambres superficiales diurnos. Longitud promedio ($\pm$ desviación estándar) y proporción de sexos de los organismos adultos.

Muestra	Total (ind/m ³)	Caliptopis %	Furcillas %	Juveniles %	Adultos %	Longitud (mm) Adultos	♀/♂
2003							
1 ^c	160	91.7	8.3	0.0	0.0		-
	176	3.3	96.1	0.6	0.03	9.1 $\pm$ 1.1	0.7
3 ^d	151	66.2	27.7	6.1	-		
4 ^c	15	66.0	31.9	0.0	0.9	8.8 $\pm$ 0.8	2.5
5 ^a	650	0.2	0.4	37.4	62.2	9.0 $\pm$ 1.0	1.5
2004							
6	47	48.5	0.4	19.5	31.5	8.2 $\pm$ 0.5	1.2
7a	350	90.1	7.2	0.1	2.7	9.8 $\pm$ 1.1	1.2
7b	44	19.9	74.3	1.7	3.4	10.7 $\pm$ 1.2	2.0
7c	19	12.6	7.4	2.1	77.9	11.2 $\pm$ 1.5	1.4
8a ^b	12	1.6	8.2	4.9	85.2	12.1 $\pm$ 1.7	1.2
8b ^d	6	18.8	37.5	3.1	40.6	10.9 $\pm$ 2.1	1.2
9a ^{a,c}	150	0.0	1.0	0.0	99.0	13.1 $\pm$ 2.0	0.8
10a	28	33.6	15.5	19	31.9	13.8 $\pm$ 2.1	1.8
10b ^e		0.0	99.5	0.5	0.0		-
11	1617	72.0	0.0	0.0	28.0	14.6 $\pm$ 1.0	4.8
12 ^{a,e}		86.5	0.0	0.0	13.5	12.9 $\pm$ 1.8	2.0
13	451	61.5	37.0	1.2	0.3	10.7 $\pm$ 1.5	2.0
14 ^c	81	1.0	33.0	53.4	12.6	10.2 $\pm$ 1.4	1.6
15	8	21.8	49.4	10.3	18.6	11.0 $\pm$ 1.2	1.6
16 ^c	38	2.0	16.3	35.7	45.9	10.6 $\pm$ 1.6	1.8
17	44	0.9	0.9	81.3	16.9	12.5 $\pm$ 3.5	1.1
18	9394	0.0	0.5	14.2	85.2	10.5 $\pm$ 1.4	1.2
19	20	100.0	0.0	0.0	0.0		-

^a Pseudometanauplios de *N. simplex* presentes pero no contabilizados.

^b Huevos de *N. simplex* presentes pero no contabilizados.

^c Larvas de peces presentes.

^d Sardinas presentes.

^e Colectada a mano con el copo de la red, no se estimó la abundancia

A pesar de que *N. simplex* se observó regularmente en aguas someras (20-40 m) cercanas a la costa (0.01-3 km), no se registró ningún varamiento de eufáusidos durante el periodo de estudio.

Aun cuando la biomasa de zooplancton fue muy similar entre las muestras de los transectos y las muestras de los enjambres superficiales (a excepción del Canal de Ballenas en 2004; Fig. 24), la abundancia de eufáusidos difirió notablemente. En los enjambres superficiales la abundancia fue mucho más alta que en las muestras de los transectos (Apéndices II y III). Esta diferencia en abundancia se observa en ambos años de estudio, tanto para el Canal de Ballenas como para Bahía de los Ángeles (Fig. 24). Entre estas dos zonas, la abundancia de eufáusidos siempre fue más elevada para el canal que para la bahía, lo cual coincide con lo mencionado anteriormente en el capítulo II.

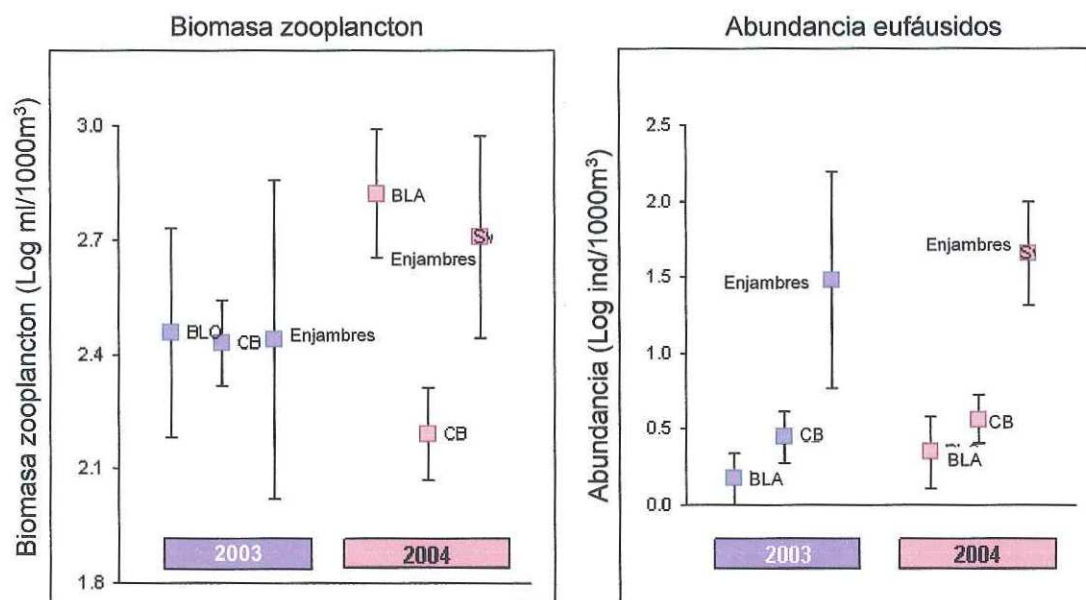


Figura 24. Comparación de la biomasa de zooplancton (Log ml/1000 m³) y abundancia de eufáusidos (Log ind/1000 m³) entre las muestras colectadas en los enjambres superficiales (Enjambres), y en los transectos realizados en Canal de Ballenas (CB) y Bahía de los Ángeles (BLA) durante 2003 y 2004. Intervalos de confianza al 95%.

IV.5. Discusión

IV.5.1. Biomasa del zooplancton y proporción de los grupos taxonómicos

La proporción con la cual contribuyeron los copépodos al zooplancton fue casi la misma durante 2003 y 2004. Esto pudo haber influido en que la biomasa de zooplancton no haya presentado diferencias significativas entre los años de estudio. Sería interesante saber si hubo un recambio de especies de copépodos entre ambos años, ya que 2003 fue un año con temperaturas más cálidas (McPhaden, 2004) que 2004. Aun cuando se ha reportado que los eventos El Niño tienen poco efecto en la biomasa de zooplancton del Golfo de California, si se han

observado cambios en la estructura poblacional del zooplancton. Por ejemplo, se han registrado especies típicas de regiones tropicales, en zonas templadas (Jiménez y Lara-Lara, 1988).

Los datos de abundancia de eufáusidos (Figs. 21 y 24) corroboraron lo mencionado en el capítulo II (Figs. 8 y 9) de que en Bahía de los Ángeles hay una menor presencia de eufáusidos con respecto al Canal de Ballenas. A escala estacional también se apoya el resultado de que es durante la primavera cuando la abundancia de eufáusidos es más alta. De forma contraria, el porcentaje con el cual los cladóceros contribuyeron al zooplancton de Bahía de los Ángeles, fue notoriamente mayor en comparación con el Canal de Ballenas. Esta diferencia pudo deberse, en parte, a que los cladóceros son de hábitos más costeros que oceánicos por lo que la bahía resultó ser un hábitat más propicio para su distribución. Lo anterior señala que el Canal de Ballenas y Bahía de los Ángeles representan dos ambientes diferentes para los distintos grupos del zooplancton, aunque se requiere de un mayor número de muestras de zooplancton dentro de la bahía para afinar estas diferencias.

A escala estacional la biomasa de zooplancton se mantuvo con valores similares a través de las estaciones del año, con excepción del verano de 2004 cuando se observó su valor más bajo. El sostenimiento de estos valores pudo deberse a que conforme unos grupos del zooplancton disminuyen en abundancia otros aumentan (Figs. 22 y 23). Por ejemplo y de manera general, hubo una disminución de copépodos y eufáusidos de la primavera al verano mientras que al

mismo tiempo la abundancia de cladóceros y quetognatos aumentó del verano hacia el otoño. Estos cambios, en parte, están asociados con los hábitos alimentarios de cada grupo. El zooplancton convierte y transfiere la energía vegetal del fitoplancton hacia niveles tróficos superiores. Así, en un inicio predominan los zoopláncteres herbívoros conformados principalmente por crustáceos (por ej. copépodos y eufáusidos; Gasca y Suárez, 1996) para después ser sustituidos por los organismos carnívoros. Dentro de los zoopláncteres que son consumidores secundarios (depredadores) destacan los quetognatos. Estos organismos son carnívoros que se alimentan principalmente de copépodos, pero también consumen otras presas como larvas de peces y pequeños quetognatos (Boltovskoy, 1981). Se ha estimado que aproximadamente entre el 10 y el 30% de la biomasa de copépodos es transferida a biomasa de quetognatos de tal forma que tienen un papel muy significativo en la transferencia de energía a los niveles tróficos superiores (Gasca y Suárez, 1996). Las relaciones tróficas son más complejas de lo mencionado anteriormente ya que en determinados grupos, como los copépodos, puede haber especies herbívoras, carnívoras u omnívoras (Boltovskoy, 1981). Además, algunos organismos pueden presentar una dieta más rígida y otros ser más oportunistas. Por ejemplo, los cladóceros se pueden alimentar de diatomeas y dinoflagelados pero también de elementos del microzooplancton (tintínidos, huevos y nauplios de copépodos) mientras que las apendicularias son consumidores de micro y nanoplancton (diatomeas, radiolarios, dinoflagelados, foraminíferos y tintínidos (Gasca y Suárez, 1996).

A pesar de que la mayor proporción numérica de los organismos del zooplancton la constituyeron los copépodos y las apendicularias, fueron realmente los copépodos los que aportaron más a la biomasa del zooplancton en muchos de los arrastres realizados durante los transectos lineales. Ninguno de estos dos grupos forman parte esencial de la dieta del rorcual común, por lo que el utilizar las estimaciones de abundancia y biomasa de eufáusidos (capítulos II y III, respectivamente) fue un mejor indicador del alimento disponible para los rorcuales.

El que los rorcuales comunes se alimenten de manera selectiva de eufáusidos y no de copépodos o apendicularias esta relacionado con el hecho de que los eufáusidos son organismos altamente gregarios. Es precisamente el hábito de vivir en grandes concentraciones o enjambres, que migran verticalmente, lo que es de gran valor para sus depredadores como las ballenas (Mauchline y Fisher, 1969). Además, el abdomen grande y blando de los eufáusidos representa un buen alimento comparado con el cuerpo de los copépodos que está constituido en gran parte por quitina.

IV.5.2. Composición por especies y estadio de desarrollo de los eufáusidos

El hecho de que los arrastres de zooplancton se hayan realizados durante el día explica la gran abundancia de larvas caliotopis de *Nyctiphanes simplex* en las muestras, ya que estas a diferencia de los juveniles y adultos, permanecen cerca de la superficie durante todo el día (Brinton 1967). En la medida en que se van desarrollando los apéndices natatorios durante la fase furcilia, los eufáusidos

de esta especie van desarrollando el comportamiento de migración circadiana característico de *N. simplex* (Lavaniegos, 1996). La diferencia en la capacidad de nado entre las distintas clases de edad de los eufáusidos favorece la presencia continua de las larvas más pequeñas cerca de la superficie y de los adultos en aguas más profundas. Estos últimos fueron caracterizados por Brinton (1967) como migrantes de corto rango (short distance migrants), ya que recorren una distancia de 0-150 m, en contraste con especies del género *Euphausia* que migran de 300 a 600 m de profundidad diariamente.

Las dos especies de eufáusidos predominantes en el Canal de Ballenas son *N. simplex* y *N. difficilis* (Brinton y Townsend, 1980; Brinton *et al.*, 1986; Lavaniegos y Lara-Lara, 1990). El que en el presente estudio se hayan colectado casi exclusivamente larvas de *N. simplex* tal vez esté relacionado con el hecho de que esta especie puede desovar en la capa de mezcla. A diferencia de lo anterior, *N. difficilis* por lo general se presenta asociada a la termoclina (Lavaniegos, 1996), principalmente durante los meses calurosos (Brinton y Townsend, 1980; Brinton *et al.*, 1986). Esto dificulta el poder colectarlo durante los arrastres superficiales diurnos.

IV.5.3. Estructura de los enjambres superficiales diurnos

Aunque no se midió el tamaño de todos los enjambres, algunos de ellos fueron muy grandes llegando a medir 6 km de longitud (enjambre 7). Estos enjambres fueron mucho más grandes que los reportados previamente por Gendron (1992), quien observó enjambres circulares de *N. simplex* de 5 a 30 m de

diámetro en la parte sur del Golfo de California. La abundancia encontrada en el presente estudio fue más baja que la reportada para otras especies neríticas, como *Nyctiphanes australis* cuyos enjambres observados en el Mar de Tasmania tuvieron una densidad de 3500-31000 ind/m³ (O'Brien, 1988). Enjambres diurnos de *Pseudeuphausia latifrons* alcanzaron hasta 77000 ind/m³ frente a la costa occidental de Australia (Wilson *et al.*, 2001). La forma de coleccionar los eufáusidos afecta la estimación de su abundancia, ya que las colectas de Wilson *et al.* (2001) no fueron realizadas con red, sino con cubeta. Nicol (1986) comparó los dos métodos y encontró una diferencia radical, ya que el método de cubeta arrojó más de 41000 ind/m³ de *Meganyctiphanes norvegica*, en contraste con los 6 ind/m³ estimados con la red de plancton. Este autor argumentó que la diferencia se debió a evasión de la red por los eufáusidos.

La abundancia relativamente baja encontrada en el presente estudio quizá se debió a que los arrastres se realizaron desde una panga en la superficie del mar y a una velocidad lenta. Saemoto (1983) empleó una combinación de redes y sonar y estimó más de 140 ind/m³ para *M. norvegica*, *Thysanoessa inermis* y *T. raschii*. Estas estimaciones concuerdan con las encontradas para *N. simplex* en el área de estudio. Independientemente de las discrepancias en las estimaciones reportadas para diferentes especies de eufáusidos por distintos autores, la presencia del rorcual común y de otros depredadores alimentándose sobre los enjambres indicó que la abundancia de eufáusidos fue suficiente para ser una fuente atractiva de alimento para los rorcuales.

Los enjambres más grandes revelaron una estructura horizontal por clases de edad, con la predominancia de larvas de un lado y la de adultos en el lado opuesto. Este ordenamiento ha sido ampliamente descrito para las agregaciones superficiales de *Euphausia superba* y ha sido relacionado con las diferencias en la velocidad de nado dependientes de la longitud de los organismos (Hamner *et al.*, 1983; 1989; Nicol, 1984). Ritz (1994) sugirió que la segregación de tamaños y estadios dentro de las agregaciones probablemente era un mecanismo de minimizar la competencia o el canibalismo. A pesar de todo, la estructura reportada en la mayoría de los enjambres superficiales diurnos ha sido descrita como homogénea, con presencia de eufáusidos inmaduros o maduros (p. ej. Brown *et al.*, 1979; Gendron 1992; Hanamura *et al.*, 1989; Nicol, 1984; Wilson, 2001) pero no a enjambres mixtos ni ontogénicamente ordenados.

La presencia de adultos de tamaño diverso, de hembras ovígeras en algunos de ellos pero no en todos los enjambres y la gran abundancia de caliptopis en otros casos, indican la eclosión reciente de los pseudometanauplios liberados por las hembras ovígeras durante la noche en su migración vertical diaria. Aunque no era un objetivo del presente estudio determinar las causas por las cuales ocurren los enjambres superficiales, la información anterior no apoya la hipótesis relacionada a la formación de los enjambres con fines reproductivos.

Nuestras observaciones más bien apuntan hacia factores físicos en la formación de los enjambres diurnos. Es la zona la que atrae al rorqual común. En cuanto a la conducta cooperativa observada durante los eventos de forrajeo, principalmente a lo largo de la costa oeste de Isla Coronado, se puede especular

lo siguiente. La isla Coronado representa una barrera para el nado de los eufáusidos o su transporte pasivo y los rorcuales alimentándose de manera coordinada a lo largo de la isla actuarían como otra barrera. El quiebre de la plataforma continental en la costa noroeste de Isla Coronado y en la boca de entrada de Bahía de los Ángeles hacia el Canal de Ballenas (Fig. 2), aunado a los intensos vientos del norte y noroeste en invierno y del este y sureste en verano podrían contribuir al transporte horizontal de los eufáusidos. Además, García Silva y Marinone (2000) han reportado que la advección es muy importante en el Canal de Ballenas ya que es una de las regiones del Golfo de California donde se disipa una gran cantidad (41%) de energía de mareas. En Bahía de los Ángeles se ha observado que procesos de advección producen una dilución de la concentración de larvas de bivalvos (Serrano-Guzmán, 1992). La hipótesis planteada anteriormente tendría que ser probada y abre la posibilidad de un nuevo estudio sobre la ecología de forrajeo de los rorcuales comunes en Bahía de los Ángeles.

La importancia de los enjambres superficiales de eufáusidos radica en que representan una fuente importante de alimento y evidencian la selectividad de los rorcuales comunes por su alimento. La prueba es que hubo muestras de enjambres superficiales conformadas casi exclusivamente de eufáusidos.

CAPÍTULO V

V.1. DISCUSIÓN GENERAL

De manera general puede decirse que los eufáusidos y los rorcuales comunes estuvieron relacionados en que: (1) ambos presentaron una mayor abundancia en la región sur del Canal de Ballenas, (2) la zona con menor abundancia de eufáusidos y rorcuales fue Bahía de los Ángeles, (3) los dos organismos estuvieron presentes tanto en la época fría como cálida del año, pero la abundancia de ambos fue pobre en otoño y (4) la abundancia de eufáusidos y rorcuales fue mayor en 2004 que en 2003. A pesar de lo anterior, no se pudo establecer una correlación entre la abundancia de eufáusidos y rorcuales comunes, en gran parte debido a la alta variabilidad de los valores de abundancia y al desfase de unas semanas entre los valores máximos de abundancia de ambos grupos de organismos. La falta de correlación quizá también se debió a que las escalas de muestreo no fueron suficientes, en continuidad y espacio, para poder detectar de una manera más directa la relación depredador-presa. Esta relación también pudo verse empañada por el hecho de que el Canal de Ballenas es un área con una dinámica oceanográfica muy compleja (López *et al.*, 2006). La relación entre una especie o población y su ambiente se ve reflejada en su distribución y abundancia, tanto en el espacio como en el tiempo (Stern, 1998). Por ejemplo, durante el otoño de ambos años de estudio hubo una disminución de eufáusidos y rorcuales asociada al aumento y mantenimiento de temperaturas elevadas en el mar. El incremento en la temperatura pudo tener un efecto negativo en el reclutamiento de *Nyctiphanes simplex*, influenciando la productividad de

eufáusidos y por lo tanto la disponibilidad de alimento para los rorcuales. Este mismo fenómeno, pero a escala anual, pudo influir en la abundancia de eufáusidos y rorcuales, la cual fue más baja en 2003 cuando la temperatura del mar fue más elevada. Cabe aclarar que el promedio anual de la temperatura en 2003 y 2004 (25.2 y 23°C, respectivamente) fue anómalamente más cálida en comparación al promedio (20.3°C) estimado por Romero-Centeno (1995) para el Canal de Ballenas. Este calentamiento parece que estuvo relacionado con un evento débil de El Niño en 2003-2004 y otro en 2004-2005 (McPhaden, 2004; Lyon y Barnston, 2005). Durante 1957-1958 también se manifestó un evento El Niño (Wooster, 1960), aunque de mayor intensidad al de 2003-2004. Esto permitió poder comparar de manera general el cambio estacional en la abundancia de eufáusidos en el Golfo de California registrado por Brinton y Townsend (1980) con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Claramente la abundancia y conducta de alimentación de los rorcuales comunes varía año con año de acuerdo con los factores ambientales.

El presente estudio aporta información sobre las variaciones en abundancia de los rorcuales comunes y su presa principal ocurridas durante un período en el cual se manifestó un evento débil El Niño (2003-2004; McPhaden, 2004; Lyon y Barnston, 2005). Para poder identificar patrones más generales sobre los cambios interanuales en la ecología de forrajeo del rorcual común en el Canal de Ballenas, y en general en el Golfo de California, se requiere de series de tiempo largas que idealmente deberían abarcar periodos con manifestación de eventos El Niño, La Niña, de transición y "normales".

Los mamíferos marinos son organismos de gran movilidad que usan e influyen en el ambiente en una amplia gama de escalas de espacio y tiempo, por lo que medir y predecir la respuesta de este tipo de organismos a los cambios del ambiente requiere de estudios a largo plazo (Stern, 1998).

Por otro lado, la presencia de larvas caliptopis de *N. simplex* es indicativa de actividad reproductiva (Brinton y Townsend, 1980). Puesto que estas larvas son desovadas por los organismos adultos en la capa de mezcla (Lavaniegos, 1996), los caliptopis pueden considerarse como indicadores de la presencia del alimento disponible para los rorcuales comunes. Una forma de corroborar las relaciones planteadas entre depredador y presa es observar de manera directa a los rorcuales alimentarse de los eufáusidos. En el presente trabajo se observó a los rorcuales depredando sobre los enjambres superficiales diurnos de *N. simplex*, principalmente durante la primavera y el verano en las aguas adyacentes a Isla Coronado. Durante estos eventos de alimentación fue común observar de 2 a 4 rorcuales embistiendo el alimento de forma coordinada, lo cual corrobora y proporciona evidencia sobre la cooperación entre rorcuales durante el forrajeo. A estos grupos de 2 a 4 animales, posteriormente se les unían más rorcuales. De acuerdo con Karevia y Odell (1987), cuando un depredador reduce su área de búsqueda después del encuentro con su presa, su comportamiento se traduce en el desplazamiento de grupos de depredadores hacia la región que presenta densidades altas de presas. Los estudios de Croll *et al.* (2002) en el Golfo de California proporcionaron evidencia de que los machos del rorcual común

producen vocalizaciones en las zonas donde hay agregaciones de eufáusidos como un despliegue para atraer a las hembras. Así, la presencia de rorcuales en las zonas ricas en presas parece jugar también un papel importante en la actividad reproductiva de estos mamíferos marinos. Es importante señalar que los rorcuales se comunican a través de sonidos de baja frecuencia y por lo tanto son susceptibles a la contaminación por ruido. En los últimos años se ha incrementado el ruido originado por las actividades humanas (pesca comercial, sonares militares, investigaciones sísmicas, etc.) y en especial el producido en el intervalo de frecuencia empleado por los rorcuales (Croll *et al.*, 2002). Un aumento del número de embarcaciones en el Golfo de California podría afectar negativamente la calidad del hábitat de los mamíferos marinos. Específicamente en el caso de los rorcuales la contaminación por ruido podría perturbar la búsqueda y localización de los enjambres de eufáusidos, así como la tasa de encuentro entre machos y hembras. Otro factor de riesgo para los rorcuales sería el estar expuestos a colisiones con embarcaciones. Todo esto tendría serias consecuencias en la alimentación y reproducción de los rorcuales.

Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado por Tershy *et al.* (1993) de que en el Canal de Ballenas *N. simplex* es el principal recurso alimenticio del rorcual común. Durante el periodo de estudio no se observó a este mamífero alimentándose de peces aun cuando éstos (sardinas y macarelas) estuvieron presentes en las zonas de alimentación. Por su parte, Gendron *et al.* (2001) y Jaume-Schinkel (2004) sugieren que los rorcuales comunes del Golfo de California cambian su dieta de eufáusidos en el invierno a

peces en el verano. Quizá parte de la importancia del Canal de Ballenas en la ecología de forrajeo del rorcual común radica en que tanto en la temporada fría como cálida del año hay eufáusidos disponibles para los rorcuales. Aunque esto no implica que no consuman peces u otras presas, sobre todo en aguas profundas, cuando están en el canal. Las diferencias en el tipo de presas reflejan diferencias en el contenido energético (Berta y Sumich, 1999). En los ecosistemas marinos se ha estimado que un 20% de energía se transfiere del fitoplancton hacia los herbívoros mientras que un 10-15% se transfiere entre niveles tróficos superiores (Lalli y Parsons, 1997). De tal forma que es más redituable alimentarse de organismos que conforman la base de la cadena alimentaria que de organismos de niveles tróficos superiores. Esto varía de acuerdo al hábitat, así, las redes tróficas oceánicas tienen una eficiencia total de 10%, las costeras de 15%, y las asociadas con zonas de surgencia, hasta el 20% (Gasca y Suárez, 1996).

El Canal de Ballenas correspondería al hábitat de surgencias y el que los rorcuales comunes se alimenten de eufáusidos y no de peces implicaría una obtención más directa de la energía requerida por estos organismos. Claro que la cantidad total de energía consumida en un día por un mamífero marino no sólo dependerá del contenido calórico de su presa sino también del número y tamaño de los individuos consumidos (Evans, 1987). La disponibilidad de las presas cambia en función de la abundancia de la presa y su distribución en el ambiente. Un depredador es más eficiente cuando se alimenta de presas que se agrupan que de presas dispersas (Costa, 2002). Precisamente la característica de los eufáusidos de vivir en grandes concentraciones ofrece ventajas a los mecanismos

de alimentación de las ballenas y rorcuales (Mauchline y Fisher, 1969). Dado el alto costo energético que implica para el rorcual común alimentarse a 100 m de profundidad de densas agregaciones de krill (Croll *et al.*, 2001; Acevedo-Gutiérrez *et al.*, 2002), la presencia de los enjambres superficiales de eufáusidos podrían representar una forma de alimentarse a un menor costo energético. Esta hipótesis tendrá que probarse con estudios de fisiología.

La región de Bahía de los Ángeles y los Canales de Ballenas y Salsipuedes ha sido recientemente establecida como una Reserva de la Biosfera (DOF, 2007). La información generada en el presente estudio contribuirá a entender la ecología de forrajeo del rorcual común y aportará información para la elaboración de programas de manejo y conservación de su hábitat. El análisis de las redes tróficas y sus conexiones espacio-temporales por lo general se han ignorado en los estudios tendientes a definir reservas marinas, aun cuando ha sido ampliamente reconocido que el establecimiento de estas reservas debe realizarse a nivel ecosistema (Hooker *et al.*, 2002). En los últimos años se han realizado diversos estudios sobre distribución de cetáceos que han identificado hábitats críticos para estos mamíferos (Hastie *et al.*, 2003). Esta información se ha empleado para apoyar el establecimiento de áreas marinas protegidas (p. ej. Hooker *et al.*, 1999) y también podría contribuir a modificar o establecer la delimitación de una reserva marina. Los datos del presente estudio resaltan la importancia del Canal de Ballenas y principalmente de las aguas aledañas a Isla Coronado como un hábitat estacional de alimentación para los rorcuales principalmente durante la primavera y el verano. Las actividades humanas en la

zona de estudio esencialmente abarcan la pesca deportiva y artesanal y el ecoturismo enfocado principalmente a la observación del tiburón ballena y de manera incipiente hacia los rorcuales. Dada la cercanía de Isla Coronado con el poblado de Bahía de los Ángeles, lugar de donde parten la mayoría de las embarcaciones, se hace especial énfasis en no dejar de regular las actividades recreativas mencionadas para así mitigar su posible efecto en la biología de los mamíferos marinos. De manera específica se podrían dar talleres a los prestadores de servicios y cursos de educación ambiental donde se haga énfasis en el valor educativo, cultural y económico que representan los diversos recursos (delfines, ballenas, etc.) de la localidad y los beneficios que les puede redituár el llevar a cabo el ecoturismo de forma regulada y responsable. También se podrían calendarizar y diversificar las actividades del ecoturismo para evitar que todos los prestadores de servicio dirijan sus actividades a un mismo recurso. Actualmente el área de Bahía de los Ángeles y Canal de Ballenas es muy atractiva a las turistas tal y como esta. Por lo que sería bueno hacer énfasis en la comunidad en que a corto y mediano plazo va a ser más rentable ofrecer actividades de observación de flora y fauna silvestre que no se pueden realizar ni ver en ningún otro lugar. La mejor forma de competir con otras regiones turísticas es ofrecer algo diferente a lo que ofrecen los grandes desarrollos turísticos. Asimismo, y con base en la norma oficial mexicana (NOM-131-ECOL-1998) que regula la observación de ballenas en México, debe proponerse a Bahía de los Ángeles como área de observación de ballenas. Esto implica una zonificación, es decir, que se establezca una zona de control donde sólo tengan acceso los prestadores de servicios que porten un

permiso expedido por SEMARNAT. Esto evitaría un crecimiento desordenado de la actividad de observación de ballenas y por lo tanto el hostigamiento hacia los rorcuales.

La región de Canal de Ballenas es de gran importancia no sólo para el rorcual común sino para una gran diversidad de organismos. Por lo que un manejo adecuado del área es de vital importancia para que siga representando un hábitat de buena calidad y un punto clave en la ecología de forrajeo de los cetáceos del Golfo de California.

V.2. CONCLUSIONES

1. Se identificó a la zona sur de Canal de Ballenas como la principal área de concentración de rorcuales comunes y eufáusidos (*Nyctiphanes simplex*) y a Bahía de los Ángeles como la zona de menor concentración.
2. La abundancia relativa de rorcuales fue significativamente menor en 2003, año durante el cual su distribución además fue muy dispersa. Durante 2004 hubo una mayor abundancia relativa y concentración de rorcuales en aguas sobre la plataforma continental de la costa de Baja California. Esta concentración de rorcuales pudo estar asociada a la abundancia más alta de eufáusidos que se presentó en la región sur del Canal de Ballenas.
3. El incremento de la temperatura superficial del mar durante 2003 probablemente estuvo relacionado con un evento débil El Niño (2003-2004). Esto pudo tener un efecto negativo en la productividad de los eufáusidos (menor abundancia de *N. simplex* y de enjambres superficiales durante 2003) y por lo tanto en la disponibilidad de alimento para los rorcuales.
4. Se identificó una zona de alimentación donde los rorcuales comunes depredan sobre los enjambres superficiales de *N. simplex*. Esta zona, ubicada en las aguas adyacentes a Isla Coronado, constituyó un hábitat

estacional de forrajeo para el rorcual común, principalmente durante la primavera y el verano.

5. Se corrobora y proporciona evidencia sobre la conducta cooperativa entre rorcuales comunes durante la actividad de forrajeo.
6. En las muestras de zooplancton de los transectos los copépodos fueron los organismos más abundantes mientras que, en las muestras de los enjambres superficiales los eufáusidos presentaron una abundancia similar o más alta a la de los copépodos.
7. Algunos enjambres superficiales mostraron una estructura horizontal por edades, con predominancia de larvas de un lado y de adultos en el lado opuesto. Este ordenamiento ontogénico probablemente indique diferencias en las velocidades de nado o una estrategia para reducir la competencia.
8. La identificación de un hábitat estacional de forrajeo de los rorcuales comunes puede contribuir a la zonificación y establecimiento de zonas prioritarias de conservación dentro de la Reserva de la Biosfera de Bahía de los Ángeles y Canales de Ballenas y Salsipuedes. De igual forma se puede contribuir con la calendarización de las actividades de observación de rorcuales.

VI. LITERATURA CITADA

Acevedo-Gutiérrez, A., D.A. Croll y B.R. Tershy. 2002. High feeding costs limit dive time in the largest whales. *J. Exp. Biol.* 205:1747-1753.

Agler, B.A., J.A. Beard, R.S. Bowman, H.D. Corbett, S.E. Frohock, M.P. Hawvermale, S.K. Katona, S.S. Sadove e I.E. Seipt. 1990. Fin whale (*Balaenoptera physalus*) photographic identification: methodology and preliminary results from the Western North Atlantic. En: P.S. Hammond, S.A. Mizroch y G.P. Donovan (eds.). *Individual Recognition of Cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*. Rep. Int. Whal. Commn. (Special Issue 12): 349-356.

Aguilar, A. 2002. Fin whale (*Balaenoptera physalus*). En: W.F. Perrin, B. Wursig y J.G.M. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, 435-438 p.

Aguayo L., A. y L. Rojas B. 1983. El Rorcual común, *Balaenoptera physalus*, en el Golfo de California, México. En: *Resúmenes VIII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*, marzo, La Paz, BCS.

Altmann, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.

Alvarez-Borrego, S. y R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. En: J. P. Dauphin y B.R. Simoneit (eds.). *The Gulf of California and peninsular province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47. Oklahoma, 555-567 p.

Álvarez-Borrego, S., Rivera, J.A., Gaxiola C., G., Acosta R., M.J. y R.A. Schwartzlose. 1978. Nutrientes en el Golfo de California. *Cienc. Mar.* 5(2): 53-71.

Álvarez, L.G., Badan-Dagon, A. y J.M. Robles. 1984. Lagrangian observations of near-surface currents in Canal de Ballenas. *CalCOFI Rep.* XXV:35-42.

Amador B.A., Serrano G., S.J. y M.L. Argote Espinoza. 1991. Modelado numérico de la circulación inducida por el viento en Bahía de los Ángeles, B.C., México. *Cienc. Mar.* 17(3): 39-57.

Argote, M.L., Amador, A., Lavín, M.F. y J.R. Hunter. 1995. Tidal dissipation and stratification in the Gulf of California. *J. Geophys. Res.* 100(C8): 16,103-16,118.

- Badan-Dangon, A. C.J. Koblinsky y T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta*. Vol. 8 (1): 13-22.
- Ballance, L.T. 2002. Cetacean ecology. En: W.F. Perrin, B. Wursig y J.G.M. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, 208-214 p.
- Barnard, J.L. y J.R. Grady. 1968. A biological survey of Bahia de los Angeles, Gulf of California. Mexico I. General account. *Trans. S. Diego Soc. Nat. Hist.* 15(6): 51-66.
- Berta, A.L. y J.L. Sumich. 1999. *Marine mammals: evolutionary biology*. Academic Press. 494 p.
- Bérubé, M., J. Urbán, A. Dizon, R.L. Brownell y P.J. Palsbøll. 2002. Genetic identification of a small and highly isolated population of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, Mexico. *Conserv. Genet.* 3: 183-190.
- Bjørge, A. 2002. How persistent are marine mammal habitats in an ocean of variability? Habitat use, home range and site fidelity in marine mammals. En: P.G.H. Evans y J.A. Raga (eds.). *Marine mammals: biology and conservation*. Plenum Press/Kluwer Academic, London, 63-91 p.
- Boden, B.P. 1951. The egg and larval stages of *Nyctiphanes simplex*, a euphausiid crustacean from California. *Proc. Zool. Soc. Lon.* 121: 515-527.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Argentina.
- Boran, J.R., P.G.H. Evans y M.J. Rosen. 2001. Behavioral ecology of cetaceans. En: P.G.H. Evans y J.A. Raga (eds.). *Marine mammals: biology and conservation*. Kluwer Academic/plenum Publishers, New York, 197-242 p.
- Bowen, W.D, A.J. Read y J.A. Estes. 2002. Feeding ecology. En: A.R. Hoelzel (ed.). *Marine mammal biology: An evolutionary approach*. Blackwell Science Ltd, Malden, Massachusetts, 217-246 p.
- Breese, D. y Tershy, B.R. 1993. Relative abundance of Cetacea in the Canal de Ballenas, Gulf of California. *Mar. Mamm. Sci.* 9(3): 319-324.

- Brinton, E. 1967. Vertical migration and avoidance capability of euphausiids in the California Current. *Limnol. Oceanogr.* 12: 451-483.
- Brinton, E. y A.W. Townsend, 1980. Euphausiids in the Gulf of California-the 1957 cruises. *CalCOFI Rep.* Vol., XXI: 211-236.
- Brinton, E., A. Fleminger y D. Siegel-Caussey. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of CalCOFI Rep. 27: 228-266.
- Brinton, E., M.O. Ohman, A.W. Townsend, M. D. Knight, y A.L. Bridgeman. 2000. Euphausiids of the world ocean. World biodiversity database, expert center for taxonomic identification. UNESCO Publishing, Amsterdam. Formato electrónico.
- Brodie, P.F., Sameoto, D.D. y R.W. Sheldon. 1978. Population densities of euphausiids off Nova Scotia as indicated by net samples, whale stomach contents, and sonar. *Limnol. Oceanogr.* 23(6): 1264-1267.
- Brown, R.G.B., S.P. Baker y D.E. Gaskin. 1979. Daytime surface swarming by *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars) (Crustacea, Euphausiacea) off Brier Island, Bay of Fundy. *Can. J. Zool.* 57: 2285-2291.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., y J.L. Laake. 1993. Distance sampling: Estimating abundance of biological populations. Chapman y Hall, London. 446 p.
- Canese, S., A Cardinali, C.M. Fortuna, M. Giusti, G. Lauriano, E. Salvati y S. Greco. 2006. The first identified winter feeding ground of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Mediterranean Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 86: 903-907.
- Canino Herrera, S.R, Gaxiola Castro, G, Segovia Zavala, J.A. 1990. Efecto de procesos físicos sobre la variación de clorofila, seston y productividad primaria en la ensenada norte de Bahía de Los Ángeles (verano 1986). *Cienc. Mar.* 16(2): 67-85.
- Collet 1911-1912. *Norges Pattedyr.* H. Asschehoug and Co. Kristiana. 744 p.
- Costa, D.P. 2002. Energetics. En: W. Perrin, B. Wursig y J. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals.* Academic Press, San Diego, 387-394 p.
- Croll, D.A. y B.R. Tershy. 2002. Filter Feeding. En: W. Perrin, B. Wursig y J. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals.* Academic Press, San Diego, 428-432 p.

- Croll, D., D. Demer, R. Hewitt, B. Tershy, S. Hayes, D. Gendron y J. Urbán. 1995. Foraging ecology and behavior of blue and fin whales. P. 26. En: Abstracts Eleventh Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, 14-18 December. Orlando, Florida, USA. 147 p.
- Croll, D. A., B.R. Tershy, R.P. Hewitt, D.A. Demer, P.C. Fiedler, S.E. Smith, W. Armstrong, J.M. Popp, T. Kiekhefer, V.R. Lopez, J. Urbán y D. Gendron. 1998. An integrated approach to foraging ecology of marine birds and mammals. *Deep-Sea Res. II*. 45: 1353-1371.
- 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. Phys. A*. 129: 797-809.
- Croll, D.A., Clark, C.W. Acevedo, A., Tershy, B., Flores, S., Gedameke, J. y J. Urbán. 2002. Only male fin whales sing loud songs. *Nature*, 417: 809.
- 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 coastal upwelling system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 289: 117-130.
- Del Ángel-Rodríguez., J. A. 1997. Hábitos alimentarios y distribución espacio-temporal de los rorcuales común (*Balaenoptera physalus*) y azul (*Balaenoptera musculus*) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. 68 p.
- Delgadillo-Hinojosa, Francisco. 1992. Productividad orgánica primaria y su relación con las variables ambientales de Bahía de Los Ángeles, B. C. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C. 59 p.
- Delgadillo-Hinojosa, F; Gaxiola-Castro, G; Segovia-Zavala, J.A; Muñoz-Barbosa, A; Orozco-Borbón, M V. 1997. The effect of vertical mixing on primary production in a bay of the Gulf of California. *Estuar. Coastal Shelf Sci.* 45(1): 135-148.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Decreto por el cual se declara área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera, la zona marina conocida como Bahía de los Ángeles, canales de Ballenas y de Salsipuedes, comprendiendo la zona federal marítimo terrestre correspondiente a la porción de la costa oriental de la península de Baja California, ubicada frente al Municipio de Ensenada, en el Estado de Baja California. México, D.F. 5 de junio.

- Díaz-Guzmán, C. 2006. Abundancia y movimientos del rorcual común *Balaenoptera physalus*, en el Golfo de California. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 42 p.
- Endo Y, Hanamura Y, Taniguchi A. 1985. *In situ* observations on the surface swarm of *Euphausia pacifica* in Sendai Bay in early spring with special reference to their biological characteristics. La Mer 23: 135-140.
- Enríquez P., L. M. 1996. Ocurrencia, movimientos, estructura social y tamaño de las agregaciones de rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en el Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Depto. De Biología Marina. UABCS. 59 p.
- Enríquez P., L. M. y J. Urbán R. 1996. Rorcuales comunes. Catálogo fotográfico y panorama general sobre su biología en el Golfo de California, México. UABCS-CONABIO. 67 p.
- Esquivel-Herrera, A., Esqueda-Escárcega, G.M. y S. Hernández-Trujillo. 2000. Variaciones de los volúmenes zooplanctónicos en el centro de actividad biológica del Golfo de California. En: D. Lluch-Belda, J. Elourduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (eds.). BAC. Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano. CIB, CICIMAR, CONACyT, 265-275 p.
- Evans, P.G.H. 1987. The natural history of whales and dolphins. Helm. London. 343 p.
- Fenwick, G.D. 1978. Plankton swarms and their predators at the Snares Islands. New. Zeal. J. Mar. Fresh. Res. 12: 223-224.
- Fiedler, P.C., Reilly, S.B., Hewitt, R.P., Demer, D., Philbrick, V.A., Smith, S., Armstrong, W., Croll, D.A., Tershy, B.R. y B.R. Mate. 1998. Blue whale habitat and prey in the California Channel Islands. Deep-Sea Res. PT II 45: 1781-1801.
- Findley, L. T., F. Félix y C. Cabrera. 1982. Observaciones de mamíferos marinos en Guaymas, Sonora, México. Ponencia presentada en la VII Reunión Internacional sobre Mamíferos Marinos de Baja California, 25-27 de marzo. La Paz, BCS. SOMEMMA-UABCS-CIB.
- Flores R., S., J. Urbán R., G. Villareal Ch. y R. Valles J. 1996. Cambios espaciales y temporales de la estructura comunitaria de los cetáceos en la Bahía de La Paz, B.C.S., México (1988-1991). Cienc. Mar. 22 (2): 151-173.
- García G., B. M. 2003. Relación entre la biomasa zoopláctica y los avistamientos de tiburón ballena (*Rhincodon typus*; Smith, 1828) en Bahía de los Ángeles, B.

- C. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C. 50 p.
- García-Silva, G. y G. Marinone. 2000. Caracterización dinámica y energética de la marea en el Golfo de California. *Cienc. Mar.* 26: 323-353.
- Gasca, R. y E. Suárez. 1996. Introducción al estudio del zooplancton marino. ECOSUR-CONACYT. México. 711 p.
- Gaskin, D. E. 1982. The ecology of whales and dolphins. Heinemann. London. 459 p.
- Gendron, D. 1990. Relación entre la abundancia de eufáusidos y de ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) en el Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. 64 p.
- 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, 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. Ser. Cienc. Mar.* Vol. 1 (No. Esp. SOMEMMA 1), UABCS: 21-30.
- Gendron, D., S. Aguiñiga y J.D. Carriquiry. 2001. $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ in skin biopsy samples: a note on their applicability for examining the relative trophic level in three rorqual species. *J. Cetacean Res. Manage.* 3(1): 41-44.
- Gaxiola-Castro, G., Álvarez-Borrego, S., Nájera-Martínez, S. y A.R. Zirino. 2002. Efecto de las ondas internas en el fitoplancton del Golfo de California. *Cienc. Mar.* 28(3): 297-309.
- Gill, P.C. 2002. A blue whale (*Balaenoptera musculus*) feeding ground in a southern Australian coastal upwelling zone. *J. Cetacean Res. Manage.* 4(2): 179-184.
- Gilmartin, M. y N. Revelante. 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California. *Estuar. Coastal Mar. Sc.* 7: 29-47.
- Gómez-Gutiérrez, J. y C. R. Robinson. 1997. Circadian biomass and abundance changes of five euphausiid species along the west coast of Baja California Mexico, December 1993. *Sci. Mar.* 61: 27-35.

- Hamner, W.M., P.P. Hamner, S.W. Strand, y R.W. Gilmer 1983. Behavior of Antarctic krill, *Euphausia superba*: Chemoreception, feeding, schooling and molting. *Science* 220: 433-435.
- Hamner, W.M., P.P. Hamner, B.S. Obús, y J.H. Carlton. 1989. Field observations on the ontogeny of schooling of *Euphausia superba* furciliae and its relationship to ice in Antarctic waters. *Limnol. Oceanog.* 34: 451-456.
- Hanamura, Y., M. Kotori, y S. Hamaoka. 1989. Daytime surface swarms of the euphausiid *Thysanoessa inermis* off the west coast of Hokkaido, northern Japan. *Mar. Biol.* 102: 369-376.
- Harris, G.P., F.B. Griffiths, L.A. Clementson, V. Lyne y H. Van der Doe .1991. Seasonal and interannual variability in physical processes, nutrient cycling and the structure of the food chain in Tasmanian shelf. *J. Plankton Res.* 13 Supplement: 109-131.
- Hastie, G.D., Barton, T.R., Grellier, K., Hammond, P.S., Swift, R.J., Thompson, P.M. y Wilson, B. 2003. Distribution of small cetaceans within a candidate Special Area of Conservation; implication for management. *J. Cetacean Res. Manage.* 5(3): 262-266.
- Hooker, S.K, Whitehead, H. y S. Gowans. 1999. Marine protected area design and spatial and temporal distribution of cetaceans in a submarine canyon. *Conserv. Biol.* 13(3): 592-602.
- Hooker, S.K, Whitehead, H. y S. Gowans. 2002. Ecosystem consideration in conservation planning: energy demand of foraging bottlenose whales (*Hyperoodon ampullatus*) in a marine protected area. *Biol. Conserv.* 104: 51-58.
- Jaume-Schinkel, S. 2004. Hábitos alimentarios del rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN. La Paz. 64 p.
- Jiménez y Lara-Lara. 1988. Zooplankton Biomass and Copepod Community Structure in the Gulf of California during the 1982-1983 El Niño Event. *CalCOFI Rep.* 29: 122-128.
- Johnston, D.W, Thorne L.H. y Read A.R. 2005. Fin whales *Balaenoptera physalus* and minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) exploit a tidally driven island wake ecosystem in the Bay of Fundy. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 305: 287-295.
- Kahru, M., S.G. Marinone, S.E. Lluch-Cota, A. Parés-Sierra y B.G. Mitchell. 2004. Ocean-color variability in the Gulf of California: scales from days to ENSO. *Deep-Sea Res. II* 51: 139-146.

- Kareiva, P. y G. Odell. 1987. Swarms of predators exhibit "preytaxis" if individual predators use area-restricted search. *Am. Nat.* 130: 233-270.
- Kawamura, A. 1980. A review of food of balaenopterid whales. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.* 32: 155-197.
- Kawamura, A. 1982. Food habits and prey distributions of the rorqual species in the North Pacific Ocean. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.* 34: 59-91.
- Komaki, Y. 1967. On the surface swarming of Euphausiid crustaceans. *Pacif. Sci.* 21: 433-4448.
- Kramer, D., M.J. Kalin, E.G. Stevens, J.R. Thrailkill y J.R. Zweifel. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current. NOAA Tech. Rep. NMFS Cir. 370: 1038.
- Lagerloef, G., R. Lukas, F. Bonjean, J. T. Gunn, G. T. Mitchum, M. Bourassa y A. J. Busalacchi. 2003. El Niño tropical Pacific Ocean surface current and temperature evolution in 2002 and outlook for early 2003. *Geophys. Res. Lett.* 30, 1514, doi:10.1029/2003GL017096.
- Lalli, C.M. y T.R. Parsons. 1997. Biological oceanography: an introduction. The Open University. Butterworth-Heinemann. Segunda edición. Oxford. 314 p.
- Lavaniegos E., B. 1995. Production of *Nyctiphanes simplex* in Vizcaino Bay, western Baja California. *J. Crustacean Biol.* 15(3): 444-453.
- Lavaniegos, B.E. 1996. Vertical distribution of euphausiid life stages in waters adjacent to Baja California. *Fish. Bull.* 94: 300-312.
- Lavaniegos E., B. y R. Lara-Lara. 1990. Zooplankton of the Gulf of California after the 1982-1983 El Niño event: biomass distribution and abundance. *Pacific Science.* 44(3): 297-310.
- Lavaniegos, B. E., R.J. Lara-Lara y E. Brinton. 1989. Effects of the 1982-1983 El Niño event on the euphausiid populations of the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 30: 73-87.
- Lavín, M. F., E. Beier, J. Gómez-Valdés, V. M. Godínez y J. García. 2006. On the summer poleward coastal current off SW México. *Geophys. Res. Lett.* 33, L02601, doi:10.1029/2005GL024686.
- Leatherwood, S. y R. R. Reeves. 1983. The Sierra Club Handbook of whales and dolphins. Sierra Club Books. San Francisco. 302 p.

- López, M. y J. García. 2003. Moored observations in the northern Gulf of California: A strong bottom current. *J. Geophys. Res.* 108 (C2): 3048-3065.
- López, M., J. Candela y M.L. Argote. 2006. Why does the Ballenas Channel have the coldest SST in the Gulf of California? *J. Geophys. Res. Lett.* 33, L11603, doi: 10.1029/2006GL025908.
- Lyon, B. y A.G. Barnston. 2005. The evolution of the weak El Niño of 2004-2005. *CLIVAR Variations*. 3: 1-4.
- Mangels, K.F. y T. Gerrodette. 1994. Report of cetacean sightings during a marine mammal survey in the eastern Tropical Pacific Ocean and the Gulf of California aboard the NOAA ships Mc Arthur and David Starr Jordan July 28-November 6, 1993. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-211. 88 p.
- Martínez-Díaz-de-León, A., Pacheco-Ruíz I., Delgadillo-Hinojosa F., Zertuche-González J. A., Chee-Barragán A., Blanco-Betancourt R., Guzmán-Calderón J. M. y A. Gálvez-Telles. 2006. Spatial and temporal variability of the sea surface temperature in the Ballenas-Salsipuedes Channel (central Gulf of California), *J. Geophys. Res.* 111, C02008, doi:10.1029/2005JC002940.
- Mauchline, J. y L.R. Fisher. 1969. The Biology of Euphausiids. *Adv. Mar. Biol.* 7: 1- 454.
- McEwen, G.F., Johnson, M.W. y Folsom, T.R. 1954. A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton splitter, based upon test observations. *Arch. Meteor. Geoph. Bioklim. A* 7: 502-527.
- McPhaden, M.J. 2004. Evolution of the 2002–2003 El Niño. *Bull. Am. Meteor. Soc.* 85: 677-695, doi:10.1175/BAMS-85-5-677.
- Millán-Núñez, R., R. Cajal-Medrano, E. Santamaría-del-Ángel y E. Millán-Núñez. 1993. Productividad primaria y clorofila a en la parte central del Golfo de California (otoño 1987). *Cienc. Mar.* 19(10): 29-40.
- Millán-Núñez, E. y C.M. Yentsch. 2000. El Canal de Ballenas, Baja California, como ambiente favorable para el desarrollo del fitoplancton. *Hidrobiológica*. 10(2): 91-100.
- Mundheke, D.J. 1969. The relationships between water masses and euphausiids in the Gulf of California and the eastern tropical Pacific. Thesis. United States Naval Postgraduate School. Monterey, California. 115 p.

- Nemoto, T. 1957. Foods of baleen whales in the northern Pacific. Sci. Rep. Whales Res. Inst. 12: 33-89.
- Nemoto, T. 1963. Some aspects of the distribution of *Calanus cristatus* and *C. plumchrus* in the Bering and its neighbouring waters, with reference to the feeding of ballen whales. Sci. Rep. Whales Res. Inst. 17: 157-170.
- Nicol, S. 1984. Population structure of daytime surface swarms of the euphausiid *Meganyctiphanes norvegica* in the Bay of Fundy. Mar. Ecol. Prog. Ser. 18: 241-251.
- Nicol, S. 1986. Shape, size and density of daytime surface swarms of the euphausiid *Meganyctiphanes norvergica* in the Bay of Fundy. J. Plankton Res. 8(1): 29-39.
- Nicol, S., James, A. y G. Pitcher. 1987. A first record of daytime surface swarming by *Euphausia lucens* in the Southern Benguela region. Mar. Biol. 94: 7-10.
- Notarbartolo-di-Sciara, G., M. Zanardelli, M. Jahoda, S. Panigaga y B.S. Airoidi. 2003. The fin whales *Balaenoptera physalus* (L. 1758) in the Mediterranean Sea. Mammal Rev. 33: 105-150.
- O'Brien, D.P. 1988. Surface schooling behaviour of the coastal krill *Nyctiphanes australis* (Crustacea: Euphausiacea) off Tasmania, Australia. Mar. Ecol. Prog. Ser. 42: 219-233.
- Palacios, D. 1999. Blue whale (*Balaenoptera musculus*) occurrence off the Galapagos Islands, 1978-1995 51 J. Cetacean Res. Manage. 1: 41-51.
- Paden, C., Abbot, M.R. y C.D. Winant. 1991. Tidal and atmospheric forcing of the upper ocean in the Gulf of California 1. Sea surface temperature variability. J. Geophys. Res. 96(10): 18,337-18,359.
- Pérez, M. J., F. Thomas, F. Uribe, M. Sepúlveda, M. Flores y R. Moraga. 2006. Fin whales (*Balaenoptera physalus*) feeding on *Euphausia mucronata* in nearshore waters off North-Central Chile. Aquat. Mamm. 32: 109-113.
- Pivorunas, A. 1979. The Feeding Mechanisms of Baleen Whales. Am. Sci. 67: 432-440.
- Ritz, D.A. 1994. Social aggregation in pelagic invertebrates. Adv. Mar. Biol. 30: 155-216.

- Roden, G.R. 1964. Oceanographic aspects of Gulf of California. En: Van Andel, T.H. y G.G. Shor (eds.). Marine Geology of the Gulf of California: A Symposium. Memoir 3. Am. Assoc. Pet. Geol. Oklahoma, 30-58 p.
- Roden, G.I. y G.W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. J. Mar. Res. 18: 10-35.
- Roden, G.I. e I. Emilsson. 1980. Oceanografía física del Golfo de California. Manuscrito no publicado, 4º Simposio El Golfo de California en conmemoración del Cincuentenario de la Autonomía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Mazatlán, Sinaloa. 67 p.
- Rojas-Bracho, L. 1984. Presencia y distribución del rorcual común, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758) (Cetacea: Balaenopteridae) en el Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 157 p.
- Romero-Centeno, R. 1995. Comportamiento de los campos hidrográficos y flujos de calor y masa en el Canal de Ballenas. Tesis de Maestría. CICESE, Ensenada, B.C. 126 p.
- Sánchez-Velasco, L., B. Shirasago, M.A. Cisneros-Mata y C. Ávalos-García. 200. Spatial distribution of small pelagic fish larvae in the Gulf of California and its relation to the El Niño 1997-1998. J. Plankton Res. 22(8): 1611-1618.
- Saemoto, D. D. 1983. Euphausiid distribution in acoustic scattering layers and its significance to surface swarms. J. Plankton Res. 5: 129-143.
- Santamaría-del-Ángel, S. Álvarez-Borrego y F.E. Müller-Karger. 1994. The 1982-1984 El Niño in the Gulf of California as seen in coastal zone color imagery. J. Geophysical Res. 99(C4): 7423-7431.
- Schoenherr, J. 1991. Blue whales feeding on high concentrations of euphausiids around Monterrey Submarine Canyon. Can. J. Zool. 69: 583-594.
- Serrano-Guzmán S.J. 1992. Dispersión de larvas de bivalvos y seston por corrientes costeras, dentro del sistema Bahía de los Ángeles, B.C., México. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, BC.
- Siegel, S. 1990. Estadística no paramétrica. Trillas. México. 344 p.
- Smith, S.E. y P.B. Adams. 1988. Daytime surface swarms of *Thysanoëssa spinifera* (Euphausiacea) in the Gulf of the Farallones, California. Bull. Mar. Sci. 42:76-84.

- Stern, J.S. 1998. Field Studies of large mobile organisms: Scale, movement, and habitat utilization. En: D. Peterson y V.T. Parker (eds.). Ecological scale: theory and applications. Columbia University Press, New York. 289-308 pp.
- Tershy, B. R. 1992. Body size, diet, habitat use, and social behavior of *Balaenoptera* whales in the Gulf of California. J. Mamm. 73(3): 477-486.
- Tershy, B. R., Breese, D. y C.S. Strong. 1990. Abundance, seasonal distribution and population composition of balaenopterid whales in the Canal de Ballenas, Gulf of California, Mexico. En: P. S. Hammond, S.A. Mizroch y G. P. Donovan (eds). Individual Recognition of Cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters. Rep. Int. Whal. Commn. (Special Issue 12): 369-375.
- Tershy, B.R., Breese, D. y S. Alvarez-Borrego. 1991. Increase in cetacean and seabird numbers in the Canal de Ballenas during an El Niño-Southern Oscillation event. Mar. Ecol. Prog. Ser. 69: 299-302.
- Tershy, B.R., A. Acevedo-G, D. Breese y C.S. Strong. 1993. Diet and feeding behavior of fin and Bryde's whales in the central Gulf of California, Mexico. Rev. Inv. Cient. Serie Ciencias Marinas. Vol. 1 (No. Esp. SOMEMMA 1), UABCS: 31-38.
- Torres O., E. 1993. Análisis volumétrico de las masas de aguas del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICESE, Ensenada, B.C. 80 p.
- Trites, A.W. 2002. Predator-prey relationship. En: W. Perrin, B. Wursig y J. Thewissen (eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press, San Diego, 994-997 p.
- Urbán R., J. 1996. La población del Rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California, México. Informe final a la CONABIO-B040. 102 p.
- Urbán R., J. y A. Aguayo L. 1985. Cetáceos observados en la costa occidental de la Península de Baja California, México. Septiembre 1982- enero 1985. En: Memoria de la X Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos, 24-27 de marzo, La Paz, B.C.S., México. Secretaría de Pesca, 93-118 p.
- Urbán R., J., A. Gómez Gallardo U., M. Palmeros R. y G. Velázquez C. 1997. Los mamíferos marinos de la Bahía de La Paz, B.C.S. En: Urbán R., J. y M. Ramírez R. (eds). La Bahía de La Paz, investigación y conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS, 201-236 p.

- Urbán R., J., Mate, B., Bérubé, M., Acevedo, A., Jaume, S., Tershy, B. y D. Croll. 2002. Los rorcuales comunes del Golfo de California: una población residente y aislada. En: Resúmenes XXVII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Pp: 5. 12-15 mayo, 2002. Veracruz, Ver. SOMEMMA.
- Urbán R., J., L. Rojas-Bracho, M. Guerrero-Ruiz, A. Jaramillo-Legorreta y L.T. Findley. 2005. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. En: J.E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.). Biodiversity, ecosystems, and conservation in Northern Mexico. Oxford University Press, New York, 276-297 p.
- Velarde, E., Cartron, J-L. E., Drummond, H., Anderson, D.W., Rebón-Gallardo, F., Palacios, E. y Rodríguez, C. 2005. Nesting seabirds of the Gula of California's offshore islands: diversity, ecology, and conservation. En: J.E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.). Biodiversity, ecosystems, and conservation in Northern Mexico. Oxford University Press, New York, 452-470.
- Velarde, E. y E. Ezcurra. 2002. Breeding dynamics of Heermann's gull. En: T.J. Case, M.L. Cody y E. Ezcurra (eds.). A new islands biogeography of the Sea of Cortes. Oxford University Press, New York, 313-325 p.
- Vidal, O., Aguayo, A., Findley, L., Robles, A., Bourillón, L., Vomend, I., Turk, P., Gárate, K., Maroñas, I. y J. Rosas. 1987. Avistamientos de mamíferos marinos durante el crucero "Guaymas I" en la región superior del Golfo de California, Primavera de 1984. En: Memoria X Reunión Internacional Para El Estudio de los Mamíferos Marinos. Marzo de 1985. Secretaría de Pesca. 196 p.
- Vidal O., L. Findley y S. Leatherwood. 1993. Annotated checklist of Marine Mammals of the Gulf of California. Proc. S. Diego Soc. Nat. Hist. 28: 1-16.
- Wells, R.S; Wursig, B.G. y K.S.Norris. 1982. Un reconocimiento de los mamíferos marinos en el alto Golfo de California, México. Sexta Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos de la Península de Baja California. Febrero de 1981, La Paz, B.C.S..SOMEMMA, 1-41 p.
- Wilson, S.G, T. Pauly y M.G. Meekan. 2001. Daytime surface swarming by *Pseudeuphausia latifrons* (Crustacea Euphausiacea) off Ningaloo Reef, Western Australia. Bull. Mar. Sci. 68: 157-162.
- Wooster, W.S. 1960. El Niño. CalCOFI Rep. 7: 43-46.
- Wyrtki, K. 1965. The annual and semiannual variation of sea surface temperature in the North Pacific Ocean. Limnol. Oceanogra. 10(3): 307-313.

Yamaji, I. 1966. Illustrations of marine plankton of Japan. Hoikusha publishing. Osaka. 369 p.

Zar, J. H. 1996. Biostatistical analysis. 3rd ed. Prentice Hall, Inc., New Jersey.

Zeitzschel, B. 1969. Primary productivity in the Gulf of California. Mar. Biol. 3(3): 201-207.

Apéndice I. Fechas de muestreo y datos de las muestras colectadas de los enjambres superficiales de *Nyctiphanes simplex* (a, b o c indican diferentes muestras colectadas del mismo enjambre).

Fecha	Estación	Días de muestreo	No.	Ubicación Enjambre Fecha (hora) Lat. N, Long. W		
2003						
12 mar-10 abr	Invierno-Primavera	9	1)	9 Abr	(10:25)	28°51', 113°05'
			2)	9 Abr	(12:32)	28°51', 113°02'
27 may-26 jun	Primavera	18	3)	29 May	(10:17)	28°59', 113°28'
11 jul-4 ago	Verano	17	4)	1 Ago	(09:50)	29°01', 113°29'
			5)	3 Ago	(09:50)	29°03', 113°30'
16 oct-2 dic	Otoño	26				-
2004						
6-31 mar	Invierno-Primavera	20	6)	11 Mar	(09:59)	29°05', 113°33'
			7a)	12 Mar	(07:43)	29°04', 113°31'
			7b)	12 Mar	(08:11)	29°04', 113°31'
			7c)	12 Mar	(08:45)	29°04', 113°31'
			8a)	16 Mar	(07:35)	29°02', 113°30'
			8b)	16 Mar	(07:51)	29°02', 113°30'
			9)	20 Mar	(10:12)	29°03', 113°27'
			10a)	21 Mar	(08:11)	29°01', 113°30'
			10b)	21 Mar	(09:02)	29°01', 113°30'
			11)	26 Mar	(11:26)	29°03', 113°28'
			12)	30 Mar	(15:01)	29°07', 113°32'
3 jun-20 jun	Primavera	22	13)	15 Jun	(16:05)	29°10', 113°23'
			14)	20 Jun	(06:55)	29°02', 113°30'
			15)	20 Jun	(16:43)	29°07', 113°35'
21 jun-30 jul	Verano	15	16)	23 Jun	(13:52)	29°02', 113°31'
			17)	26 Jul	(07:20)	29°01', 113°28'
			18)	30 Jul	(08:44)	29°01', 113°30'
7-31 oct	Otoño	13	19)	28 Oct	(11:17)	28°51', 113°20'

Apéndice II. Abundancia (ind/m³) de grupos de zooplankton en las estaciones de cada transecto en Bahía de los Ángeles y Canal de Ballenas, durante 2003 y 2004.

Fecha (dd-mm-aa)	31-05-03 Z 01	31-05-03 Z 02	31-05-03 Z 03	31-05-03 Z 04	27-05-03 Z 05	27-05-03 Z 06	27-05-03 Z 08	28-05-03 Z 09	30-05-03 Z 10	30-05-03 Z 11	30-05-03 Z 12	02-06-03 Z 13
Taxa												
Copepoda	1307.49	609.02	4095.98	5216.27	1299.76	172.84	259.36	1548.46	1482.64	8821.52	87.98	39.10
Cladocera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	237.22	0.00	1.10	9.75
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euphausiacea	4.25	19.94	7.04	49.07	20.06	1.43	1.66	108.02	10.95	1.56	0.29	0.05
Decapoda larvas	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.39	0.00	0.02	0.07
Stomatopoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pteropoda	0.29	0.15	0.20	0.00	0.39	0.16	0.59	0.10	0.00	0.00	0.10	0.05
Heteropoda	0.00	0.05	0.20	0.00	0.10	0.04	0.34	0.10	0.20	0.00	0.27	0.05
Medusae	0.10	0.34	0.00	0.00	0.39	0.24	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00
Siphonophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.20	0.00	0.02	0.07
Ctenophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chaetognatha	6.40	5.91	7.82	22.29	21.24	0.82	1.52	3.71	17.01	15.64	1.12	0.56
Appendicularia	0.00	0.44	0.78	0.00	0.20	0.69	0.10	2.25	15.25	35.97	1.00	6.23
Doliolida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.02	0.10
Salpidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Briozoa larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.05
Polychaeta larvas	0.00	0.05	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.29	0.98	0.00	0.07	0.10
Gastropoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bivalvia larvas	0.49	0.44	1.96	0.39	2.06	0.24	0.34	0.68	0.59	1.56	0.07	0.05
Piscis larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.05	0.10
Piscis huevos	0.00	0.00	1.96	1.96	0.29	0.16	0.00	0.59	0.00	0.00	0.05	0.29
Foraminifera	0.10	0.10	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phoronida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larvas invertebrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
Nauplio crustáceo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	1319.12	636.44	4116.51	5289.98	1344.68	176.63	264.01	1664.98	1766.78	8876.26	92.18	56.70

Apéndice II. (...continuación)

Fecha (dd-mm-aa)	02-06-03	02-06-03	02-06-03	30-05-03	31-07-03	31-07-03	31-07-03	31-07-03	31-07-03	31-07-03	31-07-03	13-07-03
Taxa	Z 14	Z 19	Z 20	Z 21	Z 01	Z 02	Z 03	Z 04	Z 05	Z 06	Z 07	Z 08
Copepoda	830.28	4847.43	4994.26	8652.73	990.60	37.15	2690.25	198.77	2404.80	41.45	1810.44	8657.29
Cladocera	382.42	165.79	1017.13	160.87	0.78	0.39	0.59	0.10	52.79	5.08	0.00	0.39
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00
Euphausiacea	3.32	0.78	0.20	0.00	16.42	0.20	0.59	0.20	120.83	1.56	0.00	0.00
Decapoda larvas	0.00	1.76	1.37	0.39	0.39	0.00	0.00	0.39	1.56	1.37	5.87	26.59
Stomatopoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	2.35	0.20	3.52	0.78
Pteropoda	2.74	0.00	0.98	2.74	4.30	0.59	26.98	0.29	12.90	11.34	95.61	7.04
Heteropoda	1.76	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	1.17	0.20	0.20	0.00
Medusae	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00
Siphonophora	4.30	0.00	0.00	0.00	2.15	0.00	19.75	0.00	2.35	0.00	0.20	0.00
Ctenophora	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chaetognatha	9.19	2.93	0.39	0.00	74.88	4.30	5.47	9.09	46.14	12.32	88.18	68.43
Appendicularia	85.83	42.04	24.44	20.53	34.80	316.08	32.26	122.20	160.32	87.20	5.08	184.56
Doliolida	0.78	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salpidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.34
Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Briozoa larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polychaeta larvas	0.39	0.00	0.00	1.17	3.52	0.98	20.92	0.00	2.74	0.20	0.78	1.17
Gastropoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	1.56	0.20	0.78	3.91	0.78	0.00
Bivalvia larvas	1.17	0.20	0.00	0.20	3.13	0.20	17.21	0.00	21.51	17.01	41.06	11.73
Piscis larvas	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	2.74	0.00	0.39	0.00
Piscis huevos	0.78	1.96	4.69	7.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.20	0.00
Foraminifera	0.39	0.00	0.00	0.00	2.54	4.30	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Radiolaria	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Braquiopoda	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phoronida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larvas invertebrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.65	0.59	0.00	0.00
Nauplio crustáceo	0.00	0.00	0.98	3.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	1325.12	4864.84	6044.62	8649.57	1134.10	364.17	2817.72	331.23	2901.01	182.41	2054.25	8969.33

Apéndice II. (...continuación)

Fecha (dd-mm-aa)	11-07-03	11-07-03	12-07-03	11-07-02	12-07-03	12-07-03	18-07-03	18-07-03	17-07-03	16-10-03	16-10-03	16-10-03
Taxa	Z 09	Z 10	Z 11	Z 12	Z 13	Z 14	Z 19	Z 20	Z 21	Z 01	Z 02	Z 03
Copepoda	713.62	540.81	5151.24	1688.25	2763.24	171.83	3352.06	710.69	3150.03	483.74	358.44	2147.38
Cladocera	1.96	0.24	0.00	0.59	2.74	1.96	40.67	96.58	105.58	9.62	3.91	32.26
Ostracoda	0.00	0.00	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euphausiacea	7.82	14.43	0.49	7.23	0.00	0.00	0.20	2.54	2.35	0.00	0.00	1.17
Decapoda larvas	4.11	0.98	1.96	2.15	0.39	0.10	4.69	6.65	13.29	0.16	0.00	0.00
Stomatopoda larvas	0.00	0.08	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
Pteropoda	5.67	0.33	5.88	3.71	12.32	3.91	13.10	24.24	22.87	5.54	8.60	1.96
Heteropoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Medusae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	2.35
Siphonophora	0.59	0.49	4.41	0.20	4.50	6.84	0.59	2.93	0.20	0.00	0.00	1.17
Ctenophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chaetognatha	37.15	25.44	96.46	44.77	30.89	11.54	50.44	8.41	64.13	40.44	50.05	94.50
Appendicularia	19.36	63.86	40.15	75.08	522.41	307.93	190.26	152.50	32.26	73.86	208.55	84.72
Doliolida	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	2.15	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	2.35
Salpidae	162.93	4.40	27.42	1.56	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00
Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.59	0.00	0.00	0.00
Brizoaria larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00	0.00	0.00
Echinodermata larvas	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.96	0.59
Polychaeta larvas	2.54	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20	1.17	1.63	1.56	4.89
Gastropoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	1.96	3.13
Bivalvia larvas	0.78	0.65	26.44	4.69	10.95	1.66	0.00	0.00	2.35	3.91	8.60	16.62
Piscis larvas	0.00	0.00	0.00	0.39	0.20	0.00	0.98	6.45	9.38	0.16	0.00	0.20
Piscis huevos	0.20	0.16	0.00	0.00	0.00	0.10	4.69	12.12	161.10	11.58	1.17	15.64
Foraminifera	0.00	0.00	6.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00
Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phoronida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larvas invertebrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nauplio crustáceo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00
TOTAL	956.90	651.88	5365.22	1829.21	3347.63	508.41	3658.84	1024.88	3568.23	633.26	645.19	2408.91

Apéndice II. (...continuación)

Fecha (dd-mm-aa)	Taxa	16-10-03	19-10-03	19-10-03	19-10-03	19-10-03	19-10-03	18-10-03	18-10-03	22-10-03	21-10-03	21-10-03	21-10-03	22-10-03
		Z 04	Z 05	Z 06	Z 07	Z 08	Z 09	Z 10	Z 11	Z 12	Z 13	Z 14	Z 15	
	Copepoda	1088.35	1001.02	883.72	1835.21	1375.10	459.45	697.33	3447.53	736.43	1815.17	2750.53	763.80	
	Cladocera	26.20	0.59	0.00	673.87	410.58	81.46	42.43	430.13	8.80	235.53	47.71	13.49	
	Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Euphausiacea	0.00	0.00	0.20	0.78	0.20	0.20	0.00	1.17	0.00	0.00	0.78	0.00	
	Decapoda larvas	0.78	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.39	0.10	
	Stomatopoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Pteropoda	3.71	1.56	0.98	0.20	0.59	0.39	1.76	0.39	1.17	6.84	16.62	3.42	
	Heteropoda	1.17	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	
	Medusae	0.59	0.20	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.39	0.39	0.20	0.00	0.00	
	Siphonophora	0.78	0.98	0.00	2.74	1.56	0.00	0.20	7.43	1.17	1.37	10.75	0.00	
	Ctenophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Chaetognatha	46.14	61.78	39.49	71.17	33.24	21.70	78.20	156.41	46.92	69.21	94.43	56.70	
	Appendicularia	79.77	187.69	91.24	22.68	36.37	91.24	182.48	154.06	149.96	33.04	175.77	69.37	
	Doliolida	0.20	6.06	1.17	0.98	3.52	17.79	25.81	5.47	3.32	0.00	5.67	0.00	
	Salpidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	7.23	0.00	0.10	
	Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Briozoa larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	
	Echinodermata larvas	6.06	6.06	5.47	8.60	9.19	2.93	2.74	24.24	8.41	5.08	16.03	0.20	
	Polychaeta larvas	1.96	0.59	0.78	0.39	0.20	0.39	4.69	2.74	0.59	0.78	6.65	0.68	
	Gastropoda larvas	5.87	2.54	3.71	0.78	1.96	1.37	6.06	2.35	1.56	0.00	0.00	0.00	
	Bivalvia larvas	9.19	3.71	0.78	4.69	0.39	0.98	0.20	8.99	1.37	12.90	6.84	4.01	
	Piscis larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20	0.59	0.00	
	Piscis huevos	6.26	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.39	
	Foraminifera	0.00	1.76	1.17	0.98	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.74	0.00	
	Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Phoronida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Larvas invertebrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	
	Nauplio crustáceo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.79	0.00	0.00	
	TOTAL	1277.02	1274.55	1028.92	2624.23	1875.22	678.30	1041.89	4241.32	960.29	2205.74	3162.09	912.26	

Apéndice II. (...continuación)

Fecha (dd-mm-aa)	22-10-03	22-10-03	17-10-03	20-10-03	20-10-03	20-10-03	06-03-04	10-03-04	10-03-04	10-03-04	10-03-04	10-03-04
Taxa	Z 16	Z 17	Z 18	Z 19	Z 20	Z 21	Z 01	Z 02	Z 03	Z 04	Z 05	Z 06
Copepoda	1135.60	674.32	566.88	270.39	433.71	572.79	245.37	6251.18	322.45	1726.37	231.57	28.15
Cladocera	42.82	38.52	101.67	22.48	78.20	71.75	0.00	0.78	0.00	0.20	0.00	0.00
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euphausiacea	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.20	0.21	42.62	0.00	1.56	0.00	0.00
Decapoda larvas	0.20	0.00	0.20	1.96	1.76	0.39	0.00	1.17	0.00	0.20	0.00	0.00
Stomatopoda larvas	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pteropoda	10.56	3.13	4.89	36.95	4.30	7.62	0.00	12.51	11.34	4.30	0.00	0.00
Heteropoda	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
Medusae	0.20	0.39	1.76	5.87	4.30	4.89	0.98	2.35	0.00	2.35	0.00	0.00
Siphonophora	1.96	1.37	1.76	3.13	2.93	2.54	1.17	165.79	0.00	35.39	2.15	1.56
Ctenophora	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	2.35	0.00	1.56	0.00	0.00
Chaetognatha	223.75	173.42	43.99	33.43	78.01	73.32	0.24	6.26	0.78	5.08	0.39	0.20
Appendicularia	87.00	72.34	34.61	13.10	19.94	35.58	8.02	88.37	10.17	31.87	0.39	24.44
Doliolida	2.93	14.86	6.06	3.71	18.77	57.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salpidae	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cirripedia larvas	0.00	0.98	3.71	3.32	1.37	0.39	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
Brizozoa larvas	0.00	5.08	0.00	0.78	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata larvas	28.74	73.90	41.25	217.80	124.93	27.18	9.38	3.52	3.13	0.20	0.20	2.35
Polychaeta larvas	1.37	1.76	10.56	18.96	3.71	2.54	0.00	52.01	5.87	103.23	0.39	0.39
Gastropoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bivalvia larvas	30.50	6.26	3.52	31.67	7.23	6.84	0.98	9.78	5.08	5.28	2.54	0.20
Piscis larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.01	0.00	0.00	0.20	0.00	0.01
Piscis huevos	0.00	0.00	0.39	0.20	0.78	0.20	0.00	0.00	0.39	0.39	0.98	0.00
Foraminifera	0.00	3.32	3.13	5.87	2.74	0.00	3.71	0.39	1.56	0.00	0.39	4.30
Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phoronida	0.39	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larvas invertebrados	0.00	0.00	9.19	14.86	18.18	0.59	0.00	179.48	69.99	6.26	0.20	0.20
Nauplio crustáceo	3.91	3.13	81.33	0.00	0.00	0.00	17.40	11.73	14.47	5.67	0.59	1.96
TOTAL	1573.44	1073.17	915.48	684.88	803.82	864.88	287.48	6831.85	445.23	1930.10	239.79	63.75

Apéndice II. (...continuación)

Fecha (dd-mm-aa)	06-03-04	08-03-04	08-03-04	09-06-04	09-06-04	09-06-04	09-06-04	09-06-04	09-06-04	03-06-04	03-06-04	03-06-04	03-06-04	05-06-04	05-06-04
Taxa	Z 19	Z 20	Z 21	Z 01	Z 02	Z 03	Z 04	Z 05	Z 06	Z 07	Z 08	Z 09	Z 10		
Copepoda	183.00	860.25	1783.07	948.24	384.91	2429.24	33.86	102.64	1251.28	2788.01	2414.58	804.53	2103.71		
Cladocera	1.96	4.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00		
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Euphausiacea	0.00	3.13	0.78	4.50	487.56	7.82	5.87	0.00	0.98	27.96	6.06	28.89	7.43		
Decapoda larvas	0.39	3.13	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.20	0.15	0.00		
Stomatopoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Pteropoda	0.78	0.39	0.00	0.00	1.32	0.20	0.28	0.00	0.00	0.00	0.39	1.27	0.00		
Heteropoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Medusae	0.00	0.39	5.47	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	4.11	0.78	5.08	0.00		
Siphonophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.39	0.00	0.24	0.00		
Ctenophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Chaetognatha	0.00	0.39	1.56	1.96	0.83	12.32	0.70	1.27	13.10	6.65	4.11	5.18	0.59		
Appendicularia	17.60	88.76	18.77	13.10	0.00	0.20	0.05	260.68	52.20	8.21	87.98	0.93	191.60		
Doliolida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Salpidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Briozoa larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Echinodermata larvas	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00		
Polychaeta larvas	0.39	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.29	0.00		
Gastropoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00		
Bivalvia larvas	2.74	0.00	0.00	0.59	1.56	0.00	0.44	0.00	0.59	1.96	0.20	7.38	0.00		
Piscis larvas	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Piscis huevos	0.78	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Foraminifera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	2.44	2.93	3.52	4.89	1.08	3.13		
Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Phoronida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Larvas invertebrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00		
Nauplio crustáceo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
TOTAL	207.63	961.92	1811.23	968.57	876.73	2449.97	41.19	367.53	1321.27	2840.99	2519.57	856.25	2306.46		

Apéndice II. (...continuación)

Fecha (dd-mm-aa)	05-06-04	05-06-04	05-06-04	11-06-04	20-06-04	03-06-04	03-06-04	03-06-04	04-06-04	09-06-04	15-06-04	15-06-04	12-06-04	28-07-04
Taxa	Z 11	Z 12	Z 13	Z 14	Z 15	Z 19	Z 20	Z 20	Z 21	Z 22	Z 30	Z 31	Z 36	Z 05
Copepoda	1065.54	1661.86	1044.04	18174.83	679.08	3675.63	30708.48	6292.89	258.08	2265.01	4869.89	7247.64	68.02	
Cladocera	0.00	0.00	15.45	1605.81	5.18	10.56	62.56	73.51	0.00	243.22	0.78	0.39	0.07	
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Euphausiacea	247.85	12.51	12.51	9.78	3.23	0.00	0.00	0.78	1.96	24.64	2.74	17.99	8.96	
Decapoda larvas	0.59	0.20	1.37	3.91	0.00	0.39	0.00	3.13	0.00	0.20	1.19	7.43	0.07	
Stomatopoda larvas	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	
Pteropoda	4.11	2.35	1.76	0.00	1.66	0.00	0.00	2.35	0.00	0.39	13.69	3.52	2.07	
Heteropoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
Medusae	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	
Siphonophora	0.20	0.00	1.17	17.21	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	17.79	0.39	0.78	0.00	
Ctenophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Chaetognatha	20.14	23.46	32.75	20.33	9.09	5.08	31.28	10.95	0.20	37.73	135.69	34.80	0.55	
Appendicularia	25.42	36.76	59.24	178.31	31.77	3.52	37.54	17.21	6.45	99.12	1.56	14.86	20.16	
Doliolida	0.00	0.00	0.59	0.39	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.39	0.56	
Salpidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Brizoaria larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Echinodermata larvas	0.39	0.98	1.66	0.39	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	2.74	0.02	
Polychaeta larvas	1.76	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00	0.20	0.39	0.78	0.12	
Gastropoda larvas	0.00	0.00	0.39	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.86	
Bivalvia larvas	15.64	1.17	3.03	0.78	0.39	0.20	0.00	0.00	1.17	0.78	8.99	1.56	4.14	
Piscis larvas	0.00	0.00	2.44	0.00	0.98	0.39	0.00	0.78	0.00	0.39	0.01	0.00	0.00	
Piscis huevos	0.00	0.00	0.10	0.39	5.77	0.00	3.13	4.69	0.00	0.00	0.00	3.91	0.00	
Foraminifera	4.69	3.13	0.88	0.00	0.29	0.00	0.00	0.78	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	
Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Phoronida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Larvas invertebrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Nauplio crustáceo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL	1386.31	1742.99	1177.47	20014.47	739.79	3695.77	30846.12	6408.64	271.76	2694.36	5035.32	7337.58	106.63	

Apéndice II. (...continuación)

Fecha (dd-mm-aa)	09-07-04 Z31	14-10-04 Z 01	14-10-04 Z 02	14-10-04 Z 03	14-10-04 Z 04	14-10-04 Z 05	14-10-04 Z 06	14-10-04 Z 07	14-10-04 Z 08	07-10-04 Z 09	07-10-04 Z 10	07-10-04 Z 11
Taxa												
Copepoda	10.63	4193.74	344.82	1224.23	673.89	620.67	374.99	664.31	1286.47	3102.13	3590.07	1498.93
Cladocera	0.00	31.67	12.32	27.57	7.43	26.59	40.67	59.63	181.04	1824.78	198.56	3.13
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euphausiacea	0.04	9.78	1.08	4.11	0.49	0.00	0.59	4.89	113.79	12.51	0.00	0.00
Decapoda larvas	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.20	1.56	0.00	0.00
Stomatopoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pteropoda	2.13	39.10	3.52	10.75	10.85	5.67	3.32	3.91	18.38	0.00	0.00	26.59
Heteropoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	156.41
Medusae	0.00	1.17	0.39	0.20	0.29	0.29	0.20	1.17	2.35	1.56	3.61	0.00
Siphonophora	0.00	44.58	7.53	16.42	2.83	5.96	6.06	6.45	27.18	25.03	6.02	0.00
Ctenophora	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	41.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Chaetognatha	0.66	127.08	14.66	76.05	15.25	25.71	37.54	104.21	53.96	111.05	107.10	0.00
Appendicularia	0.00	78.99	40.96	35.39	32.94	59.24	134.12	2.54	71.95	61.00	45.73	8.60
Doliolida	0.00	14.47	3.32	2.15	3.62	4.20	1.76	0.00	8.80	34.41	3.61	0.00
Salpidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Briozoa larvas	0.20	19.55	0.88	1.76	3.81	0.78	0.78	0.20	0.98	0.00	0.00	0.00
Echinodermata larvas	0.00	41.06	5.38	15.25	3.52	3.81	9.19	5.67	11.93	46.92	45.73	6.26
Polychaeta larvas	0.04	6.26	0.49	0.98	0.29	0.10	0.59	1.17	3.71	1.56	0.00	0.78
Gastropoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.95	6.02	23.46
Bivalvia larvas	2.33	85.24	6.84	12.51	47.22	4.11	2.35	12.12	66.87	51.62	9.63	117.31
Piscis larvas	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.00	0.00	1.56	0.00	0.00
Piscis huevos	0.01	0.00	0.00	0.00	11.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Foraminifera	0.28	0.00	1.47	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phoronida	0.00	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larvas invertebrados	0.00	0.00	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nauplio crustáceo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	16.31	4695.82	445.61	1427.37	813.88	757.24	612.34	908.89	1847.59	5286.65	4016.06	1841.47

Apéndice II. (...continuación)

Fecha (dd-mm-aa)	07-10-04	07-10-04	07-10-04	07-10-04	08-10-04	08-10-04	08-10-04	08-10-04	09-04-04	09-04-04	09-04-04	09-04-04	23-10-03
Taxa	Z 12	Z 13	Z 14	Z 15	Z 16	Z 19	Z 20	Z 21	Z 36				
Copepoda	2098.50	1316.45	232.27	2437.39	2471.28	1577.13	4233.49	4442.04	4092.73				
Cladocera	320.64	677.78	161.10	1042.73	71.17	482.26	1939.48	1251.28	145.46				
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00	0.00	9.38				
Euphausiacea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.69	1.56	0.00	10.95				
Decapoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.86	14.08	42.23	78.20				
Stomatopoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	6.26	0.00				
Pteropoda	10.17	2.35	30.50	11.73	11.73	21.12	3.13	6.26	3.13				
Heteropoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.78	0.00	0.00	0.00				
Medusae	5.47	0.78	0.00	0.00	0.00	4.69	12.51	14.08	3.13				
Siphonophora	2.35	3.91	0.00	4.69	2.35	3.13	10.95	15.64	12.51				
Ctenophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Chaetognatha	158.76	37.54	28.15	240.09	547.43	179.09	137.64	251.82	62.56				
Appendicularia	21.90	20.33	17.99	30.50	7.04	20.33	10.95	21.90	68.82				
Doliolida	4.69	4.69	0.78	14.08	10.17	24.24	125.13	159.54	23.46				
Salpidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Briozoa larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Echinodermata larvas	8.60	97.76	286.23	14.08	10.17	136.08	86.03	70.38	10.95				
Polychaeta larvas	2.35	1.56	7.04	2.35	0.78	13.29	14.08	62.56	1.56				
Gastropoda larvas	10.95	1.56	14.08	7.82	7.04	15.64	17.21	6.26	28.15				
Bivalvia larvas	36.76	17.99	289.36	47.71	184.56	24.24	34.41	53.18	87.59				
Piscis larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00	9.38	7.82				
Piscis huevos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.56				
Foraminifera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Phoronida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Larvas invertebrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Nauplio crustáceo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
TOTAL	2681.13	2182.70	1067.50	3853.16	3324.49	2525.50	6640.64	6412.81	4647.98				

Apéndice III. Abundancia (ind/m³) de grupos de zooplankton en las muestras de los enjambres superficiales en Bahía de los Ángeles y Canal de Ballenas, durante 2003 y 2004.

Fecha (dd-mm-aa)	09-04-03	09-04-03	29-05-03	01-08-03	03-08-03	11-03-04	12-03-04	12-03-04	12-03-04	16-03-04	16-03-04	20-03-04	21-03-04	21-03-04
Taxa	1	2	3	4	5	6	7a	7b	7c	8a	8b	9	10a	10b
Copepoda	192.22	531.45	33805.59	630.71	18.26	34304.00	419.60	261.48	50.25	5.28	221.32	4.69	34.48	0.00
Cladocera	154.52	3.52	16.96	52.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	13.69	0.00	0.00	0.00
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euphausiacea	160.48	175.55	150.66	15.14	649.62	47.12	349.55	43.99	18.57	11.93	6.26	150.15	28.4	0.00
Decapoda larvas	0.00	0.59	1.30	11.41	0.00	0.00	2.44	0.86	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stomatopoda larvas	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pteropoda	9.07	33.77	3.91	8.15	2.61	0.00	0.24	0.98	0.78	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
Heteropoda	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Medusae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	2.93	0.00	0.24	0.00
Siphonophora	0.09	0.20	0.652	2.94	0.00	0.00	1.46	0.24	1.17	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
Ctenophora	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	0.73	0.20	0.40	0.59	0.00	0.00	0.00
Chaetognatha	0.00	13.21	71.09	27.39	0.00	0.00	3.66	1.84	0.00	0.00	0.20	0.00	1.71	0.00
Appendicularia	88.82	1.66	9.78	11.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	48.49	0.00	2.20	0.00
Doliolida	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salpidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cephalopoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.00	75.66	0.00	0.00	0.24	2.69	0.39	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00
Brizoaria larvas	0.00	0.00	0.00	3.26	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00
Polychaeta larvas	0.01	2.35	3.26	11.74	0.00	512	1.46	1.22	0.39	0.00	0.39	1.56	0.73	0.00
Gastropoda larvas	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bivalvia larvas	2.49	1.08	7.83	0.33	0.00	0.00	0.49	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Piscis larvas	0.00	0.29	1.30	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.56	0.24	0.00
Piscis huevos	0.62	0.10	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Foraminifera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.81	1004.15	0.00	0.00
Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phoronida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larvas invertebrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nauplio crustáceo	0.00	0.00	19.57	0.00	6.52	256	7.81	18.48	63.15	74.49	0.00	0.00	195.13	0.00
TOTAL	608.32	764.26	34091.91	858.80	677.01	35119.12	789.65	333.13	135.30	92.30	313.02	1162.12	263.15	0.00

* Colectada a mano con el copo de la red, no se estimó la abundancia

Apéndice III. (...continuación)

Fecha (dd-mm-aa)	26-03-04	30-03-04	15-06-04	20-06-04	20-06-04	23-06-04	26-07-04	30-07-04	28-10-04
Taxa	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Copepoda	1295.07	0.00	3497.46	3045.30	204.88	4481.14	282.3199	25.03	362.48
Cladocera	0.00	0.00	0.49	5.47	0.00	0.78	3.52	6.26	169.31
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euphausiacea	1617.28	0.00	450.79	80.55	7.62	38.32	43.99	9393.98	19.94
Decapoda larvas	0.00	0.00	0.00	14.08	1.76	1.56	15.45	1.56	0.00
Stomatopoda larvas	0.00	0.00	22.00	0.01	0.05	0.00	0.78	0.00	0.00
Pteropoda	0.00	0.00	2.93	0.00	2.69	4.30	15.25	0.00	21.12
Heteropoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Medusae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.08	0.00	0.00
Siphonophora	3.13	0.00	1.96	0.00	0.00	0.00	9.38	0.00	12.12
Ctenophora	0.00	0.00	0.49	0.00	0.34	0.39	0.00	0.00	0.00
Chaetognatha	3.13	0.00	60.14	484.09	6.65	61.00	43.60	0.00	113.40
Appendicularia	0.00	0.00	4.40	2.35	0.00	0.39	12.71	0.00	39.88
Doliolida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	2.74
Salpidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cephalopoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cirripedia larvas	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	6.65	0.00	6.65
Brachiozoaria larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17
Echinodermata larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.17
Polychaeta larvas	0.00	0.00	0.00	0.78	0.10	0.00	1.76	0.00	9.38
Gastropoda larvas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bivalvia larvas	0.00	0.00	1.96	4.69	0.34	1.56	3.71	0.00	8.60
Piscis larvas	0.00	0.00	0.00	1.56	0.20	1.17	0.59	0.00	0.00
Piscis huevos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.56	0.00	0.00	0.00
Foraminifera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	4.69
Radiolaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Braquiopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phoronida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larvas invertebrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nauplio crustáceo	9586.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	12505.33	0.00	4043.10	3638.91	224.96	4592.19	446.16	9426.82	842.66

* Colectada a mano con el copo de la red, no se estimó la abundancia