



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
DEPARTAMENTO DE PESQUERÍAS Y BIOLOGÍA MARINA



**DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL Y ECOLOGÍA ALIMENTARIA
DEL TIBURÓN BALLENA (*Rhincodon typus*) EN LA BAHÍA DE LA PAZ
Y ZONAS ADYACENTES EN EL SUROESTE DEL
GOLFO DE CALIFORNIA**

TESIS

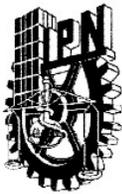
**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

**CON ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

presenta:

BIOL. MAR. JAMES THOMAS KETCHUM MEJÍA





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 11:00 horas del día 23 del mes de Octubre del 2003 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

“DISTRIBUCIÓN ESPACIO – TEMPORAL Y ECOLOGÍA ALIMENTARIA DEL TIBURÓN BALLENA (Rhincodon typus) EN LA BAHÍA DE LA PAZ Y ZONAS ADYACENTES EN EL SUROESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA”

Presentada por el alumno:

KETCHUM

Apellido paterno

MEJIA

materno

JAMES THOMAS

nombre(s)

Con registro: A 0 1 0 1 3 0

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

PRESIDENTE

DRA. DIANE GENDRON LANIEL

SECRETARIO

MC. JOSÉ RICARDO PALOMARES GARCIA

SEGUNDO VOCAL

DR. ARMANDO TRASVINA CASTRO

TERCER VOCAL

DRA. EUGENIE CLARK

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION

A Karina, mi compañera en este largo viaje

A mi madre, Martha y a mis hermanos, Martha, Donald, Patrick y Lucille

A mi familia en tierras sudcalifornianas, Luis, Martha Elena, Paulina, Julio, Romina,
José Mario, Leonardo y Sebastián

A la magia del Golfo de California,
que ha llenado mis venas de imborrables experiencias
en un mar maravillosamente vivo
y fantásticamente hermoso...

Agradecimientos

Este trabajo representa el esfuerzo y el conocimiento brindado por muchas personas. Las diversas actividades emprendidas para concretar el estudio involucró retos de toda índole que no hubieran podido ser afrontados sin su apoyo.

Agradezco de manera especial al Dr. Felipe Galván por confiar en mi proyecto y por su apoyo incondicional durante el desarrollo de la investigación.

Al comité revisor de la tesis: Dra. Diane Gendron, M.C. Ricardo Palomares, Dr. Armando Trasviña y Dra. Eugenie Clark, por sus acertados comentarios y correcciones que ayudaron a mejorar enormemente el trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de este trabajo y al Programa Institucional de Formación de Investigadores del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo económico recibido durante mi estancia en el programa de maestría.

A Project Aware-PADI por el apoyo financiero que fue de gran utilidad para el desarrollo del trabajo de campo. A la Sociedad de Historia Natural Niparajá por su apoyo para realizar vuelos.

Agradezco a Tim Means y a Rafael Carballo (Baja Expeditions), por darme la oportunidad de participar en sus expediciones de búsqueda de tiburón ballena en el Golfo de California (“Whale Shark Expeditions”), de donde una buena parte de esta investigación surgió.

A José Lozano (Baja Expeditions), por compartir su conocimiento sobre la vida marina y el mar a lo largo de varios años de grata convivencia, y por su ayuda en la primera fase de este estudio. En especial, a la palomilla del “Don José” por su invaluable asistencia en el trabajo de campo y por su amistad. Gracias Luis (willy), Felix (borrego), Hernán, Enrique (valerio) y Roberto.

A Rocio Lozano (Baja Quest) por compartir su conocimiento e información del tiburón ballena y por aquel interés inicial en llevar a cabo un estudio sobre el pez sapo.

A Sandy Lanham (Environmental Flying Services) por su experta colaboración en la difícil búsqueda del tiburón ballena desde el aire, a veces infructuosa. Su conocimiento de la vida marina del Golfo fue de gran inspiración para tratar de aprender un poco más cada día.

A Ramón Castellanos (Reserva de la Biosfera-El Vizcaíno) por su decidido y valiente apoyo para la búsqueda aérea, a pesar de las difíciles condiciones del tiempo.

A los ‘sapotistas’ que colaboraron activamente de manera desinteresada y por el gusto de salir a descubrir las maravillas que guarda la Bahía de La Paz, que sin su ayuda no se hubiera logrado este trabajo. Muchas gracias... Mauricio (doc cavité), Dení (dinai), Armando (doc brain), Alejandra (pelecandra), Liza, Toño, Maribel, Nallely, Constanza, Anita, Flor, Edgar, Agnes, Mara, Casey, Sylviane, Ibiza, Iliana, Zulette.

A mis amigos buzos que siempre se interesaron y colaboraron con información, fotografías, video, etc. para contribuir al conocimiento del tiburón ballena: Alfredo Barroso, Peter Schalkwijk, Josie Dalcourt, Axel Wittween, Robert Morgan, Kevin White, Luis Garduño. En especial, a Alfredo y Peter por las excelentes video-filmaciones proporcionadas, y a Josie y Axel por mantenerme informado sobre el paradero del pez sapo.

A los guías de buceo, capitanes de barcos y tripulación de las compañías de buceo de La Paz por su apoyo en el trabajo de campo y por compartir información respecto a la ubicación del tiburón. En especial a James Curtiss (Cortez Club), Javier Lucero (Buceo Carey), Gabriel Vázquez (Buceo Carey), Noé Juárez (Baja Quest), Gen Ito (Baja Quest), Enrique Castillo (FunBaja), Paul Ahuja (Baja Diving & Service).

A Sergio Niño de Rivera (Toto) por compartir su conocimiento y experiencia sobre el tiburón ballena.

A José Sánchez, Sergio Niño de Rivera, Bruce Hunter, Deirdre Wheelock y Jennifer Hayes por proporcionarme fotografías del tiburón ballena.

A Don Manuel Moreno por esas largas conversaciones con las cuales me transmitió su invaluable conocimiento sobre el tiburón ballena y la vida marina del Golfo en general.

A los pescadores de El Manglito, Esterito, así como de los múltiples campos pesqueros visitados durante este trabajo. En especial a Juan Carlos Telechea, Benito León, Toño Orozco, Gregorio Moreno, Pepe Cuevas, por su valiosa información.

A la M.C. Roxana De Silva por su experta ayuda en la identificación de los diferentes grupos zooplanctónicos así como por su asesoría sobre diferentes temas relacionados con el maravilloso mundo del zooplancton.

Al Departamento de Plancton del CICIMAR, en especial a Ricardo Saldierna por proporcionarme el equipo necesario para realizar las colectas de plancton. Al Dr. Rogelio González por brindarme información sobre sus investigaciones en El Bajo.

Al Ocean. Lucio Godinez y al Dr. Felipe Salinas del Departamento de Oceanología por permitirme usar el mini-CTD durante una buena parte del estudio.

Al M.C. Hugo Herrera (CICESE, campus B.C.S.) por el procesamiento y edición de las imágenes de satélite que amablemente me brindó para este trabajo, y a José Ángel Trigueros por su asesoría y por facilitarme datos e imágenes de satélite.

Agradezco de manera muy especial a Ciro Arista, Enrique Calvillo, Jesús Espinoza, Javier y al Conejo, por su inestimable apoyo en las salidas de campo, que quien sabe que sería del CICIMAR sin ellos.

A mis compañeros de generación del CICIMAR con quienes compartí muchos buenos momentos (y malos, académicamente hablando): Mauricio, Liza, Orso, Liliana, Oscar, Elisa, Marco, Claudia, Alejandra, Armando.

A Carlos y David Castañeda (los colombianos) por su gran ayuda en la tediosa labor de organizar y procesar muestras.

A mi esposa, Karina Busto I., por sus consejos, colaboración, asesoría y apoyo de toda índole y en todo momento desde la concepción original del estudio hasta la edición final de la tesis. Gracias por compartir (y sufrir) conmigo esta aventura y las que vendrán...

Y finalmente, al motivo de este estudio que en momentos de desesperanza parecía escabullirse con singular agilidad y astucia y que en otros momentos mágicos me permitió admirar su ingrátida majestuosidad... Rey de los Mares...

Índice General

	No. de página
Índice de figuras	i
Índice de tablas	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
1. Introducción	1
2. Antecedentes	5
3. Justificación	7
4. Hipótesis	8
5. Objetivos	8
6. Área de estudio	8
6.1. Descripción general	8
6.2. Oceanografía	11
6.3. Productividad	12
7. Materiales y métodos	13
7.1. Trabajo de Campo	13
7.1.1. Búsqueda y avistamientos	13
7.1.2. Colecta de zooplancton	16
7.1.3. Video y fotografía submarina	19
7.2. Trabajo de laboratorio	19
7.2.1. Procesamiento de las muestras	19
7.2.2. Revisión de las muestras	19
7.3. Análisis de datos	20
7.3.1. Censos	20
7.3.1.1. Distribución temporal	20
7.3.1.2. Distribución espacial	20
7.3.2. Muestras	21
7.3.2.1. Estandarización de la biomasa zooplanctónica	21
7.3.2.2. Cuantificación de los grupos zooplanctónicos	22
7.3.2.3. Comparaciones de la biomasa zooplanctónica	22
7.3.2.4. Comparaciones de la estructura zooplanctónica	23
7.3.3. Caracterización del hábitat	24
7.3.3.1. Zooplancton y factores ambientales	24
7.3.3.2. Anomalías térmicas	25
8. Resultados	26
8.1. Distribución temporal	26
8.1.1. Esfuerzo de búsqueda y abundancia relativa aérea	26
8.1.2. Esfuerzo de búsqueda y abundancia relativa en mar	28
8.1.3. Esfuerzo de búsqueda y abundancia relativa submarina	28
8.1.4. Variaciones estacionales e interanuales	30
8.1.5. Distribución temporal por edad/talla y sexo	31
8.2. Distribución espacial	32
8.2.1. Avistamientos totales y abundancia relativa aérea total por zona	32
8.2.2. Distribución espacial por edad/talla y sexo	33

8.3. Factores ambientales y caracterización del hábitat	35
8.3.1. Temperatura y salinidad superficial del mar	35
8.3.1.1. Medición <i>in situ</i> durante 2001-2002	35
8.3.1.2. Anomalías interanuales	37
8.3.2. Biomasa zooplanctónica	37
8.3.2.1. Comparaciones temporales	37
8.3.2.2. Comparaciones espaciales	39
8.3.3. Caracterización del hábitat de acuerdo a variables ambientales	42
8.3.4. Caracterización del hábitat de acuerdo a la estructura zooplanctónica	44
8.4. Comportamiento alimentario, biomasa y estructura zooplanctónica	47
8.4.1. Patrones de comportamiento	47
8.4.2. Colectas con presencia del tiburón ballena	48
8.4.2.1. Biomasa zooplanctónica y comportamiento alimentario	48
8.4.2.2. Estructura zooplanctónica y comportamiento alimentario	52
9. Discusión	60
9.1. Distribución y abundancia	60
9.2. Ecología alimentaria	68
9.3. Enlaces ambientales	73
10. Conclusiones	78
11. Consideraciones finales	80
12. Referencias	82
Glosario	90
Apéndice A. Láminas de estimación del tamaño, género y marcas	
Apéndice B. Láminas de comportamiento	
Apéndice C. Láminas de hembras grávidas	
Apéndice D. Bitácoras	
Apéndice E. Hoja de registro	
Apéndice F. Imágenes de satélite	
Apéndice G. Datos de las colectas	

Índice de Figuras

	No. de página
Figura 1. Área de estudio	9
Figura 2. Batimetría del área de estudio	10
Figura 3. Regionalización de la Bahía de La Paz	11
Figura 4. Censos aéreos y en mar en el área de estudio	13
Figura 5. Estaciones de colecta de plancton	16
Figura 6. Arrastres superficiales con presencia de tiburón ballena (a-c)	17-18
Figura 7. Zonificación del área de estudio	21
Figura 8. Esfuerzo y abundancia relativa por búsqueda aérea (a-h)	27
Figura 9. Esfuerzo y abundancia relativa por búsqueda en mar (a-h)	29
Figura 10. Esfuerzo y abundancia relativa por búsqueda submarina	30
Figura 11. Variación estacional por búsqueda aérea y búsqueda en mar	31
Figura 12. Distribución temporal por edad/talla y sexo	32
Figura 13. Esfuerzo aéreo y abundancia relativa total por zona	32
Figura 14. Abundancia relativa por zona/mes	33
Figura 15. Distribución espacial por edad/talla	34
Figura 16. Distribución espacial por sexo	35
Figura 17. Diagrama T-S de los datos mensuales	36
Figura 18. Serie de tiempo de anomalías de la TSM	37
Figura 19. Biomasa zooplanctónica promedio y TSM	38
Figura 20. Distribución de la biomasa zooplanctónica durante 2001 (a-f)	40
Figura 21. Distribución de la biomasa zooplanctónica durante 2002 (a-f)	41
Figura 22a. Representación gráfica de las estaciones en dos dimensiones con los 2 primeros factores, con la temperatura, salinidad, coeficiente de extinción y biomasa zooplanctónica como variables	43
Figura 22b. Representación gráfica de las estaciones en el espacio con los 3 primeros factores, con la temperatura, salinidad, coeficiente de extinción y biomasa zooplanctónica como variables	43
Figura 23a. Representación gráfica de las estaciones en dos dimensiones con los 2 primeros factores, con la estructura zooplanctónica como variable	46
Figura 23b. Representación gráfica de las estaciones en el espacio con los 3 primeros factores, con la estructura zooplanctónica como variable.....	46
Figura 24. Biomasa zooplanctónica y comportamiento alimentario	49
Figura 25. Presencia vs. no presencia de tiburón ballena. Comparación espacial de la biomasa zooplanctónica	50
Figura 26. Biomasa zooplanctónica y TSM a lo largo de transectos	51
Figura 27. Presencia vs. no presencia de tiburón ballena. Comparación temporal de la estructura zooplanctónica (a-b)	53
Figura 28. Presencia vs. no presencia del tiburón ballena. Comparación espacial de la estructura zooplanctónica (a-b)	56
Figura 29. Estructura zooplanctónica a lo largo de transectos, 2001 (a-b)	58
Figura 30. Estructura zooplanctónica a lo largo de transectos, 2002 (a-b)	59
Figura 31. Subdivisión de los ambientes costeros y oceánicos	63
Figura 32. Perfiles verticales de temperatura	66
Figura 33. Diagrama T-S-TBallena.....	75

Índice de Tablas

	No. de página
Tabla 1. Prueba de Tukey de la biomasa zooplanctónica mensual.....	39
Tabla 2. Eigenvalores y porcentajes de la varianza explicada de cada factor.....	42
Tabla 3. Significación de la carga de los factores.....	44
Tabla 4. Eigenvalores y porcentajes de la varianza explicada de cada factor	44
Tabla 5. Significación de la carga de los factores	45
Tabla 6. Comportamiento alimentario vs. no presencia (prueba Wilcoxon)	49
Tabla 7. Colectas con presencia y no presencia contrastadas en el análisis de factores ..	54
Tabla 8. Eigenvalores y porcentajes de la varianza explicada de cada factor	54
Tabla 9. Significación de la carga de los factores	54
Tabla 10. Eigenvalores y porcentajes de la varianza explicada de cada factor	55
Tabla 11. Significación de la carga de los factores	55
Tabla 12. Patrón temporal de abundancia por talla de <i>R. typus</i> de acuerdo a las masas de agua superficiales	76

Resumen

La porción sur-occidental del Golfo de California se ha caracterizado como una zona donde es común encontrar al tiburón ballena. Los registros de esta especie en esta parte del Golfo han sido, generalmente, de tipo anecdótico y censos formales eran prácticamente no existentes. Dada su particular presencia en esta región, a la falta de estudios y a su reciente importancia desde el punto de vista turístico, resulta de gran interés llevar a cabo investigación sobre la biología y ecología de esta especie. El objetivo principal del presente trabajo es determinar la distribución y abundancia de *Rhincodon typus* en la Bahía de La Paz y áreas adyacentes, así como el conocer aspectos de su ecología alimentaria y los factores físico-biológicos que caracterizan su hábitat. Se realizaron vuelos durante mayo a noviembre de 1995 a 2000; así como de febrero a noviembre de 2001 y de febrero a junio de 2002. Se llevaron a cabo búsquedas mensuales en mar con dos tipos de embarcaciones de mayo a noviembre (1995-2002), incluyendo búsqueda submarina en El Bajo de Espíritu Santo (EBES). Se realizaron arrastres horizontales de plancton durante la presencia como durante la no presencia del tiburón ballena, con una red cónica tipo CalCOFI. Durante cada avistamiento se registró el tamaño, sexo, marcas y locación del tiburón, incluyendo algunos parámetros fisicoquímicos (T° , $S^{\circ}/_{\infty}$, transp), y condiciones del tiempo y mar. *Rhincodon typus* presenta una temporalidad definida en la zona de estudio, cuya abundancia relativa mostró dos máximos a lo largo del año: mayo-junio y septiembre-noviembre. La abundancia varió marcadamente de manera estacional e interanual. Las zonas con mayor frecuencia de avistamientos fueron tanto costeras como oceánicas, aunque en años con mayor abundancia se presentaron agregaciones importantes en la porción sur de la Bahía de La Paz. Dichas agregaciones estaban compuestas principalmente por machos jóvenes en aguas costeras. Mientras que los adultos, predominantemente hembras, se encontraron típicamente en aguas más profundas. La presencia del tiburón ballena en EBES y otras zonas oceánicas estuvo ligada generalmente a una fuerte termoclina somera y frentes térmicos. La ocurrencia del tiburón ballena coincide con niveles elevados de biomasa zooplanctónica en la porción sur de la bahía, sin embargo, los tiburones encontrados en la porción central de la Bahía y EBES no coincidieron con volúmenes elevados de zooplancton. Se encontraron diferencias en cuanto a la estructura zooplanctónica asociada con la presencia del tiburón y el tipo de comportamiento alimentario. Se observaron dos tipos principales de comportamiento alimentario de esta especie durante 2001 y 2002. La segregación espacial por edad (adultos/juveniles) observada en la Bahía de La Paz tiene que ver con las preferencias alimenticias y ambientales de cada edad. Las marcadas variaciones estacionales e interanuales en cuanto a la abundancia de *R. typus* en la zona de estudio están relacionadas con la dinámica estacional de las condiciones hidrológicas de la bahía y con las anomalías interanuales de los patrones oceanográficos de la porción sur del Golfo de California. La segregación de adultos en las zonas oceánicas (la mayoría hembras grávidas) y de juveniles en zonas costeras dentro de la Bahía de La Paz, sugiere que *R typus* utiliza estas zonas como área de crianza primaria en aguas profundas aledañas a la bahía, y como área de crianza secundaria en las aguas costeras de la porción sur de la bahía.

Abstract

The southwestern Gulf of California is known for its regular whale shark sightings. Records of this species in this part of the Gulf have been mostly anecdotal and formal surveys were non-existent. Due to the particular presence of whale sharks in this region, the lack of studies and its growing importance for tourism, it is of great interest to undertake research about their biology and ecology in this area. The aims of this study are to determine the distribution and abundance of *Rhincodon typus* in the Bay of La Paz, and to investigate their foraging ecology as well as the biological and physical conditions that characterize their habitat. Survey flights using a spotter plane were made during May-November from 1995 to 2000, February to November in 2001, and February to June in 2002. Search at sea was performed using boats and skiffs from May through November (1995-2002), including a monthly underwater search at El Bajo Espiritu Santo (EBES). Plankton tows were carried out at the surface using a CalCOFI conical net both during whale sharks presence and when not present. During each sighting, information such as size, sex, markings and location of the shark was recorded, including water conditions ($T^{\circ}\text{C}$, $S^{\circ}/_{\infty}$, transparency), weather and sea state. *Rhincodon typus* showed a well-defined seasonality where its relative abundance had two peaks each year: May-June and September-November. Such abundance varied markedly seasonally and from year to year. The zones with the highest frequency of sightings were both coastal and oceanic, although, in certain years large aggregations of individuals were sighted mostly inshore within the southern portion of the Bay of La Paz. Such aggregations were comprised mainly by juvenile males. Whereas adults, mostly females, were typically found offshore in deeper waters. The presence of whale sharks at EBES and other offshore areas was generally related to shallow sharp thermoclines and thermal fronts. Whale shark occurrence coincided with high levels of zooplankton biomass at the collecting stations within the southern bay, nevertheless, sharks found at the central part of the bay and EBES were not related to high zooplankton volumes. Differences were evident between samples in terms of zooplankton structure associated to the shark's presence and feeding behavior. Two main types of feeding behavior were observed during 2001 and 2002. The spatial segregation by age (adults/juveniles) observed in the Bay of La Paz had a strong connection with the environmental and prey preferences of each age. The marked seasonal and interannual variation in abundance of *R. typus* in the study area is linked to the seasonal dynamics of the Bay of La Paz and with the interannual changes and anomalies of oceanographic patterns in the southern Gulf of California. The segregation of adults (mostly gravid females) in oceanic waters and juveniles in coastal sites within the Bay of La Paz, suggests that *R. typus* utilizes the deep waters in the bay as primary nursery areas, and the shallow coastal waters in the southern bay as secondary nursery areas.

1. Introducción

Los tiburones pelágicos de gran movilidad constituyen un verdadero reto para ser estudiados de manera directa, debido a su naturaleza solitaria, a su capacidad migratoria tanto vertical como horizontal, y a la dificultad en predecir sus rutas y movimientos. Por lo anterior, es común que para estudiar a estos tiburones se recurre a los pescadores, quienes tienen mejor conocimiento de facto y encuentran con mayor frecuencia especies de las cuales pueden extraerse muestras para ser estudiadas. En particular, el tiburón ballena (*Rhincodon typus* Smith, 1828) constituye un caso de estudio complicado por dos aspectos fundamentales: 1) poco se conoce acerca de su biología y 2) es muy difícil obtener muestras de las pesquerías, ya que sólo es capturado comercialmente en pocos lugares del mundo (e.g. Taiwán, India, Filipinas) y los varamientos son raros. No obstante, las preferencias ambientales y hábitos del tiburón ballena, lo hacen ciertamente predecible en algunas regiones costeras del mundo y en determinadas épocas del año, y la ocurrencia de agregaciones en sitios como la Bahía de La Paz representan una ‘ventana de oportunidad’ para estudiarlo.

El tiburón ballena es una especie cosmopolita que se distribuye en aguas epipelágicas y neríticas entre los 30° N y los 35° S, en regiones tropicales y templado-cálidas (Compagno 1984). En el Pacífico oriental se le ha registrado desde el sur de California hasta el norte de Chile, incluyendo la costa del Pacífico Mexicano y el Golfo de California (Compagno 2001). En esta región se le ha reportado como abundante en el Golfo de California, especialmente en las cercanías de Cabo San Lucas (Gudger 1938; Beebe 1938; Wolfson 1987), con presencia regular en islas oceánicas como las Revillagigedo (A. Witteveen com. pers. 2002¹) y las Galápagos (Wolfson 1986) donde buceadores deportivos reportan avistamientos durante ciertas épocas del año (www.scubadiving.com). En el Golfo de California se ha registrado a lo largo de toda su extensión, desde Puerto Peñasco, Sonora en el norte, hasta Cabo San Lucas y Mazatlán en el sur (Wolfson 1986, 1987; Eckert y Stewart 1996, 2001; S. Lanham com. pers. 2001²).

¹ Axel Witteveen. Amigos del Mar. Cabo San Lucas, B.C.S., México

² Sandy Lanham. Environmental Flying Services. Tucson, Arizona, E.U.A.

Entre los grandes tiburones filtradores *R. typus* es el de mayor talla (las otras especies son *Cetorhinus maximus* y *Megachasma pelagios*), por lo que se considera como el pez más grande del mundo. Se tienen registros desde tallas de 14.5 m en la India (Hanfee 2001), hasta 18 m en el Golfo de Siam (Smith 1925) y 20 m en Taiwán (Chen et al. 1997), aunque estas últimas son tallas no confirmadas. En el Golfo de California se han observado tiburones ballena con tallas que alcanzan posiblemente los 16 m de longitud (E. Clark com. pers. 2001³).

R. typus presenta una gran movilidad espacial, puede recorrer tanto miles de kilómetros, atravesando cuencas oceánicas (Eckert y Stewart 2001), como bucear a grandes profundidades (hasta 700m, Heyman com. pers. 2002⁴). A diferencia de la mayoría de los tiburones, es una especie que puede permanecer cerca de la superficie (primeros 10 m) por largos períodos, hasta 20 hrs/día (Eckert y Stewart 1996), donde busca y encuentra con mayor éxito sus fuentes de alimento. Los movimientos a largo plazo y a grandes distancias, así como su presencia y sincronía con eventos de gran productividad secundaria, evidencian la capacidad de esta especie para optimizar su esfuerzo de búsqueda de presas en diferentes regiones del mundo.

El tiburón ballena se alimenta de una gran variedad de presas planctónicas y nectónicas, tales como eufáusidos, larvas de crustáceos, copépodos, sardinas, anchovetas, macarela y ocasionalmente presas más grandes, entre ellas el atún, jurel y calamar (Compagno 1984; Last y Stevens 1994). También se ha encontrado que el fitoplancton y las macroalgas pueden formar parte de su dieta (Colman 1997). En contraste con las otras dos especies de tiburones filtradores, el tiburón ballena es capaz de atrapar presas mucho más grandes y más activas debido a que su método de filtración es por ‘succión’ y no por filtración ‘dinámica’, como en el caso del tiburón peregrino (*C. maximus*), lo cual le permite jalar el agua hacia su boca a mucho mayor velocidad (Compagno 1984). Sin embargo, esto puede significar que sólo es capaz de filtrar un volumen menor de agua, por lo que es menos eficiente en concentrar presas planctónicas (Compagno 1984). Por tanto, el tiburón ballena depende en mayor medida de elevadas concentraciones de plancton en comparación con los otros tiburones filtradores, por lo que puede ser considerado

³ Eugenie Clark. Mote Marine Laboratory. Sarasota, Florida, E.U.A.

⁴ William Heyman. The Nature Conservancy. Punta Gorda, Belice

como un planctívoro oportunista al presentar patrones migratorios promovidos por eventos de productividad localizados (Colman 1997).

A nivel mundial no se han detectado áreas de reproducción y crianza, aunque se cree que esto ocurre fuera de la costa (Compagno 2001). Por otra parte, existe evidencia de que la madurez sexual se alcanza hasta que el animal rebasa los 9 m de largo (Colman 1997), e.g. un par de hembras capturadas en la India con tallas de 8-9 m presentaron ovarios inmaduros (Pai et al. 1983; Satyanarayana Rao 1986), y 4 machos varados en la costa de Sudáfrica con tallas de 5.7 a 9.1 m mostraron gonopterígios inmaduros (pequeños e incompletamente calcificados; Wintner 2000). La proporción de sexos había sido reportada como 1:1 para organismos juveniles capturados por barcos atuneros en el Pacífico oriental y Atlántico central (Wolfson 1983), y recientemente se encontró también una proporción de 1:1 en los casi 300 embriones removidos de una hembra en Taiwán (Chang et al. 1997). No obstante, en animales adultos y juveniles, se ha mencionado una proporción 1.2 machos:1 hembra en la costa occidental de la India (Hanfee 2001), y en el arrecife Ningaloo en Australia oriental se ha registrado que la mayoría de los tiburones son machos inmaduros (Taylor 1994). A pesar de esto, no existe suficiente información como para sugerir algún tipo de segregación por sexo (Colman 1997), aunque, Eckert y Stewart (2001) mencionan la posibilidad de que exista cierto tipo de segregación dentro del Golfo de California.

Con relación al ambiente térmico, el tiburón ballena parece preferir localidades con una temperatura superficial del mar entre 21°C y 25°C y salinidades entre 34 y 34.5‰ (Iwasaki 1970), condiciones que pueden ser óptimas para la producción de presas potenciales para el tiburón ballena: zooplancton y necton (Colman 1997). En la Bahía de La Paz los avistamientos de tiburón ballena están asociados a eventos de afloramiento de zooplancton (Clark y Nelson 1997; Ketchum y Lozano 2000), especialmente durante los meses en que se incrementa la biomasa zooplanctónica dentro de la bahía. La elevada productividad de la Bahía de La Paz durante los meses de primavera (Reyes-Salinas 1999) y el consiguiente incremento en la biomasa zooplanctónica durante dichos meses (De Silva 1997; Lavaniegos y González-Navarro 1999) así como a principios de verano (González-Navarro y Saldierna-Martínez 1997), aunado al incremento de la temperatura superficial del mar a finales de primavera, pudieran ser los

principales factores que atraen al tiburón ballena hacia estas aguas. Entonces, las interrogantes a resolver son las siguientes: ¿La presencia del tiburón ballena se asocia a condiciones ambientales específicas en el suroeste del Golfo de California? ¿por qué se le encuentra sólo en ciertas épocas del año? ¿por qué ocurren agregaciones en la Bahía de La Paz?

2. Antecedentes

Las investigaciones sobre el tiburón ballena a nivel mundial han tenido un creciente auge en los últimos diez años, especialmente considerando que hasta hace relativamente poco (15 años) sólo dos personas en todo el mundo se dedicaban al estudio de esta especie (Fay H. Wolfson en E.U. y Geoff Taylor en Australia). En México, los pocos estudios sobre *R. typus* se han llevado a cabo en el Golfo de California, mientras que en el resto del país la información al respecto es muy escasa contando sólo con algunos registros históricos (Gudger 1935-1938; Wolfson 1986) y reportes aislados de pescadores y operadores turísticos.

Desde hace tiempo, el Golfo de California se caracteriza por ser una zona donde se reportan avistamientos de tiburón ballena, especialmente en la porción norte y sur-occidental. Su presencia dentro del Golfo era un hecho sólo conocido por pescadores, capitanes y marineros de la región que surcaban constantemente sus aguas (registrado en documentos históricos: Gudger 1935; Beebe 1938), así como por buceadores y pescadores recreativos, quienes reportaban sus encuentros con este tiburón como fabulosos acontecimientos que aparecían en revistas y documentales hasta las décadas de los 70's y 80's. Por consiguiente, los registros de esta especie en el Golfo de California habían sido, hasta fechas muy recientes, de tipo anecdótico y carentes de rigor científico (Ketchum y Lozano 2000).

Los estudios sobre *R. typus* en el Golfo de California son escasos y un tanto aislados. Wolfson (1986) registró por primera vez una lista de avistamientos pasados y recientes en el Golfo, incluyendo los registros históricos de E.W. Gudger y otros. Posteriormente, llevó a cabo una revisión de la información existente sobre avistamientos de tiburón ballena en el Golfo de California, donde mencionó la falta de estudios sistemáticos de la especie en esta zona (Wolfson 1987). No fue sino hasta una década después cuando se registró la presencia de tiburones ballena alimentándose dentro de la Bahía de La Paz (Clark y Nelson 1997).

Recientemente, se han realizado algunas observaciones sobre la distribución del tiburón ballena en la porción sur del Golfo (Ketchum y Lozano 2000), y elaborado una propuesta para su conservación y manejo como recurso turístico en la Bahía de La Paz (Lozano 2000). Además, se

han documentado los movimientos geográficos y verticales del tiburón ballena a lo largo del Golfo de California utilizando telemetría por medio de marcas satelitales. Estos estudio han demostrado que algunos individuos hacen grandes migraciones de cientos a miles de kilómetros, desde el Golfo de California hasta las islas Revillagigedo y Clipperton, así como hacia el Pacífico occidental (Eckert y Stewart 2001). En los últimos años, también se han realizado investigaciones sobre *R. typus* en Bahía de los Angeles, B.C., particularmente respecto a su distribución, ecología alimentaria y descripción del hábitat (Eckert y Stewart 1996; Nelson y Eckert 2000; J. Nelson com. pers. 2002⁵; García 2002), además, se ha elaborado una propuesta para la conservación y aprovechamiento sustentable de las agregaciones de tiburones en aquella zona a través del ecoturismo (N. Rodríguez com. pers. 2003⁶).

Los estudios sobre los hábitos alimentarios de *R. typus* son prácticamente inexistentes dada la dificultad ya mencionada de obtener muestras, particularmente de contenidos estomacales. A pesar de esto, algunos trabajos, aunque escasos, han realizado inferencias sobre su dieta a través de muestras de plancton colectado en la cercanías del tiburón durante eventos de alimentación. Taylor (1994) fue el primero en llevar a cabo trabajos de esta naturaleza, al colectar muestras de plancton durante la alimentación de *R. typus* en las inmediaciones del Arrecife Ningaloo en Australia, encontrando principalmente una especie de eufáusido tropical (*Pseudeuphausia latifrons*) y larvas de jaiba (*Portunus pelagicus*). Posteriormente, Clark y Nelson (1997) analizaron su comportamiento alimentario en la Bahía de La Paz, incluyendo comentarios sobre los parches zooplanctónicos y el tipo de presas. Algunos años después, Nelson y Eckert (2000) realizaron un estudio sobre la relación de los movimientos del tiburón ballena con la abundancia y composición del plancton en Bahía de Los Angeles. Por otra parte, Childs et al. (2000) mencionan la asociación del tiburón ballena con los desoves masivos de corales en el Golfo de México, aunque no reportan algún tipo específico de comportamiento alimentario. Posteriormente, Heyman et al. (2001) estudiaron el comportamiento alimentario de *R. typus* y su asociación con los desoves de pargo en Belice, y García (2002) estudió su relación con la biomasa zooplanctónica desde una perspectiva de descripción del hábitat en Bahía de Los Angeles. Finalmente, Wilson y Newbound (2001) utilizando muestras de heces fecales para

⁵ John Nelson. University of San Diego. San Diego, California, E.U.A.

⁶ Natalie Rodríguez. Área de Protección de Flora y Fauna-Islas del Golfo de California. Ensenada, B.C., México

llevar a cabo inferencias sobre sus hábitos alimentarios en Ningaloo (Australia), encontraron esencialmente restos de eufáusidos (*P. latifrons*), con lo cual se corroboró de cierta manera lo encontrado por G. Taylor años atrás.

3. Justificación

Debido a la presencia del tiburón ballena en el suroeste del Golfo de California (Beebe 1938; Wolfson 1987; Clark y Nelson 1997; Ketchum y Lozano 2000; Eckert y Stewart 2001) y a la falta de estudios sobre esta especie, resulta de gran interés llevar a cabo investigaciones sobre su biología y ecología en dicha zona. Asimismo, considerando su innegable atractivo desde el punto de vista turístico, se torna indispensable generar información básica sobre la presencia de *R. typus* en la Bahía de La Paz. Esto último con el fin de sustentar el adecuado manejo y, en última instancia, la preservación de esta especie en aguas mexicanas, ya que los vacíos de información respecto a su biología en la zona podrían constituir un obstáculo para su conservación a escala local. Lo anterior se torna especialmente importante a la luz de la elaboración del proyecto de normatividad para la observación de tiburón ballena derivada del decreto que la define como especie amenazada en aguas mexicanas desde el 6 de marzo de 2002 (Anónimo 2002).

Por otra parte, considerando su alta capacidad migratoria y la posible conectividad entre poblaciones a ambos extremos del Pacífico, el presente estudio pretende contribuir a comprender mejor la naturaleza de las migraciones de esta especie a corto y largo plazo mediante el análisis de las preferencias ambientales y alimentarias que motivan dichos desplazamientos.

4. Hipótesis

- El tiburón ballena presenta una temporalidad específica en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes.
- El tiburón ballena muestra preferencia por condiciones ambientales particulares y/o una abundancia y estructura zooplanctónica específica en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes.

5. Objetivos

Generales:

- Determinar la distribución espacio-temporal y la abundancia relativa del tiburón ballena en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes.
- Conocer la ecología alimentaria del tiburón ballena en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes.

Específicos:

- Determinar su distribución espacio-temporal por talla y sexo.
- Determinar los factores físicos y biológicos que caracterizan el hábitat.
- Determinar las preferencias alimentarias y la utilización del hábitat.

6. Área de estudio

6.1 Descripción general

El área de estudio comprende desde el islote Las Animas hasta el sur de la Isla Cerralvo, incluyendo la Bahía de La Paz y los alrededores de las Islas San José, San Francisco y Espíritu Santo, así como los “bajos” e islotes cercanos a estas islas (Fig. 1). El área contempla ambientes costeros dentro de la Bahía y en los canales San José y San Lorenzo, donde las condiciones presentan mayor variabilidad a lo largo del año. Se incluyen también ambientes oceánicos alrededor de islotes y bajos fuera de la costa (e.g. Las Animas, La Reina, El Bajo). Asimismo, en

la Bahía de La Paz puede haber influencia de agua oceánica dentro de sus límites, especialmente en la boca norte de la Bahía (Signoret y Santoyo 1980; Obeso-Nieblas 1986).

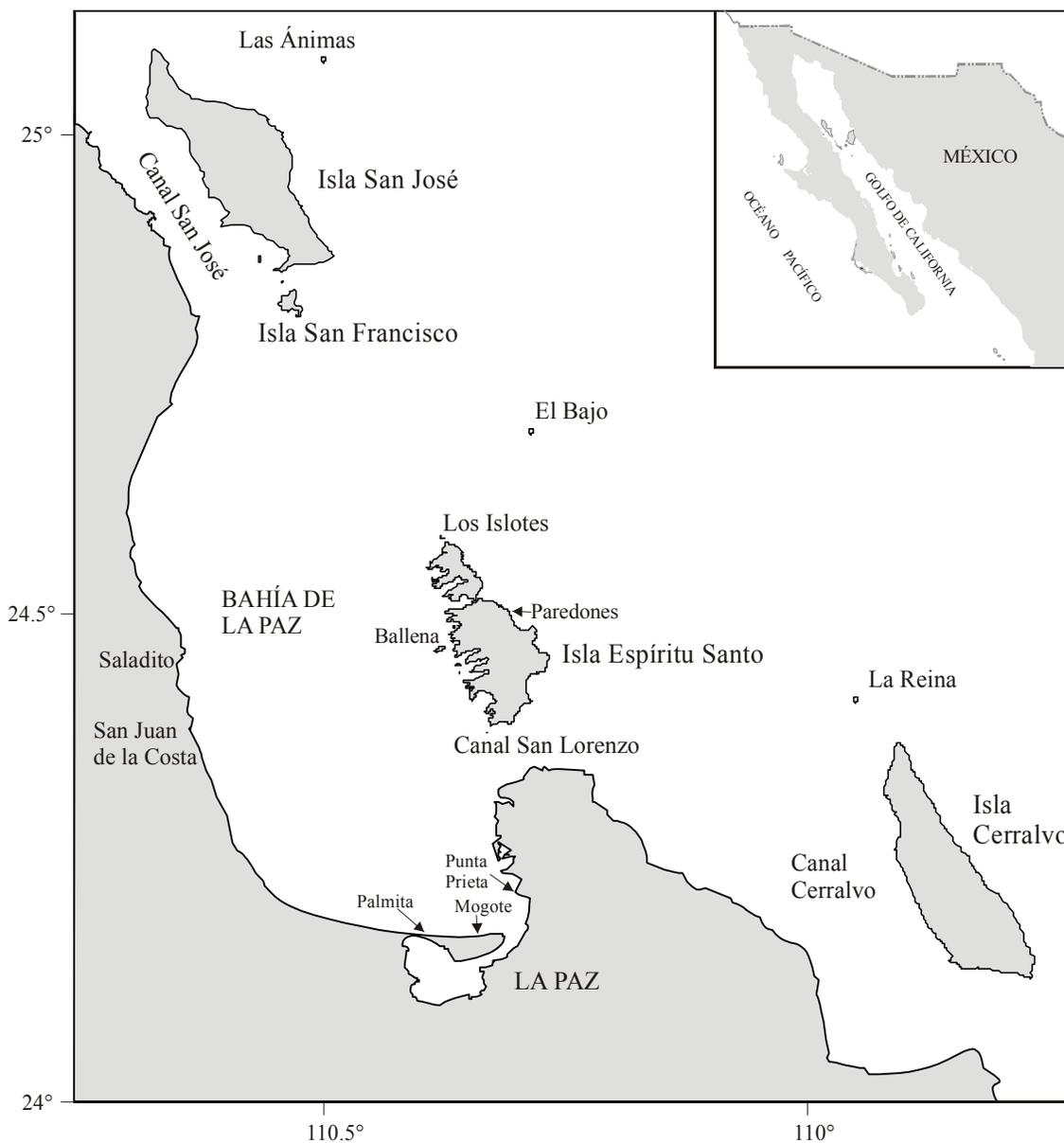


Figura 1. Área de estudio

De acuerdo a la batimetría, la bahía de La Paz se puede dividir en dos zonas delimitadas por la isobata de los 200m: i) zonas profundas con influencia de aguas oceánicas en la porción norte y boca norte (> 200 m de prof.), y ii) zonas costeras en la porción oeste, suroeste y Canal de San Lorenzo (< 200 m de prof.) (*sensu* Cruz-Orozco et al. 1996; Fig. 2). Por otra parte, se han propuesto regionalizaciones de la Bahía basadas en la productividad primaria (Reyes-Salinas 1999) y depósitos de radiolarios (Murillo 1987). La primera divide la bahía en tres zonas: somera (< 50 m), intermedia (50-360 m) y profunda (360-400 m)(Fig.3). Por su parte, Murillo (1987) divide la bahía de acuerdo a tres cuerpos de agua distintos y una zona de surgencia (Fig. 3).

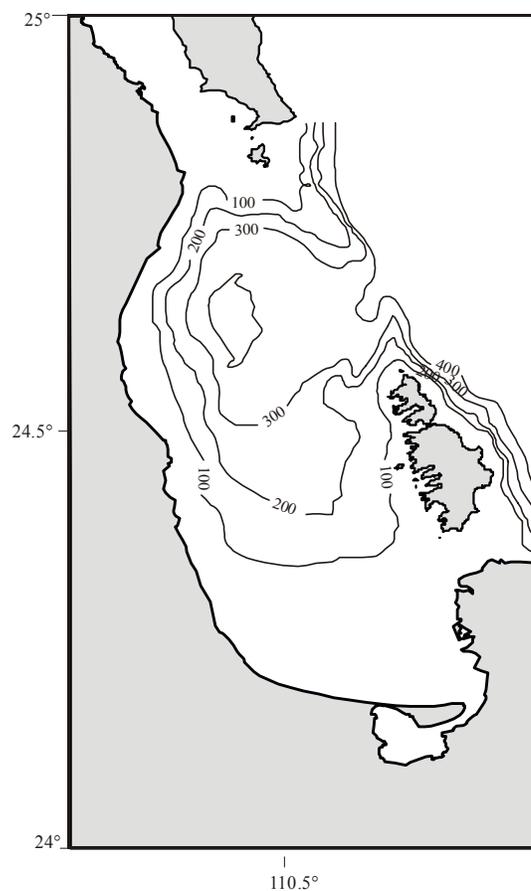


Figura 2. Batimetría del área de estudio (modificado de Cruz-Orozco et al 1996)

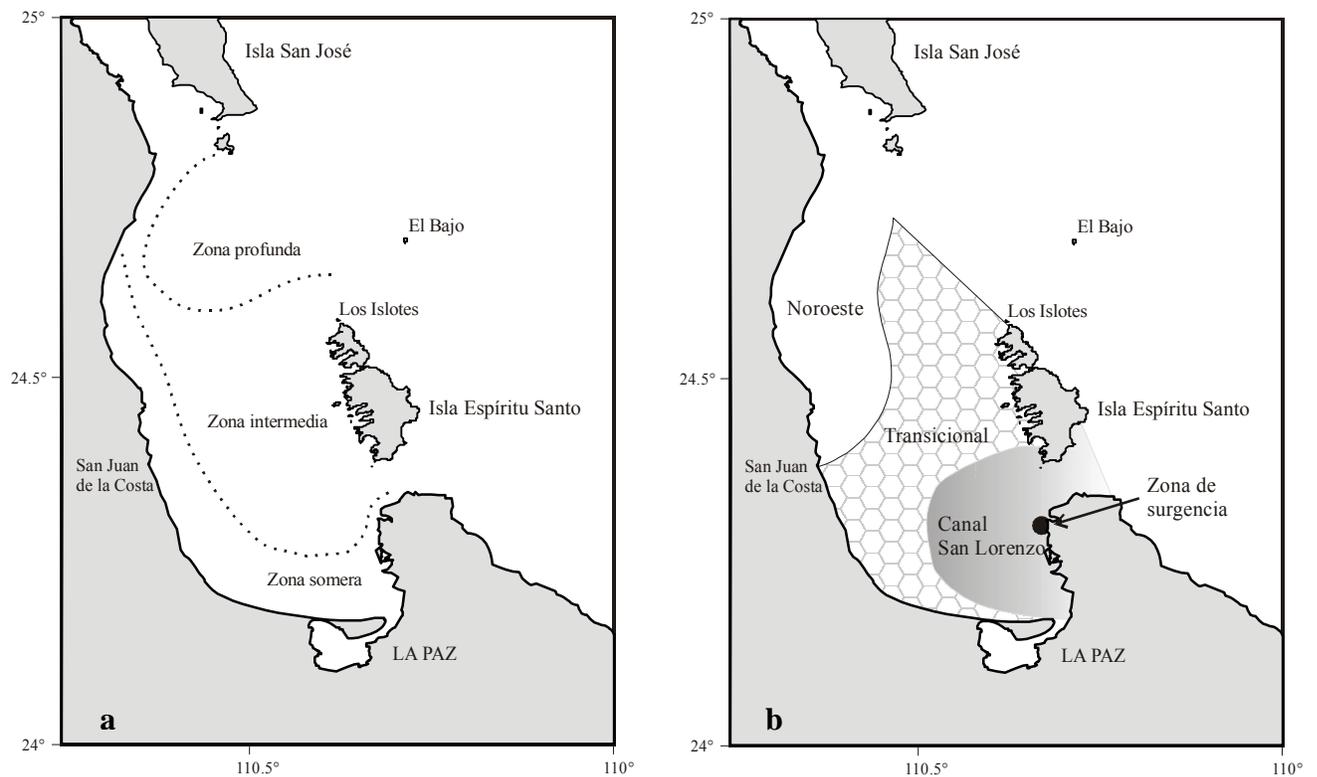


Figura 3.Regionalización de la Bahía de La Paz propuesta por: a) Reyes-Salinas (1999), y b) Murillo (1987)

6.2 Oceanografía

En la Bahía de La Paz se pueden distinguir dos estaciones principales (verano e invierno) y otras dos transicionales (primavera y otoño) de acuerdo a las condiciones hidrográficas (Murillo 1987; Jiménez-Illescas 1996). Durante el verano se presentan las temperaturas máximas así como condiciones de estratificación y una termoclina profunda, mientras que durante el invierno se observan las menores temperaturas, el rompimiento de la termoclina y la presencia de una columna de agua homogénea (De Silva 1997). Durante primavera y otoño las condiciones hidrográficas cambian gradualmente, por lo cual se les considera transicionales (Robles-Pacheco y Marinone 1987). La dinámica de la Bahía de La Paz está dominada tanto por los vientos predominantes, en las porciones poco profundas, como por la marea en la mayor parte de su extensión, cooscilando con el Golfo de California (Jiménez-Illescas et al. 1997). Los vientos del norte (finales otoño-inicios de primavera) promueven fuertes corrientes en dirección contraria a las manecillas del reloj y paralelas a la costa y la formación de un giro ciclónico semipermanente

en la porción central (Jiménez-Illescas 1996), y los vientos del sur (finales de primavera-inicios de otoño) generan corrientes en circulación inversa y la formación de un giro anticiclónico, provocando hundimiento de la termoclina (Jiménez-Illescas et al. 1997). El régimen de mareas en la bahía es mixto semidiurno y las corrientes por marea presentan velocidades máximas en la boca de la Ensenada de La Paz, Canal de San Lorenzo y la boca principal al norte de la isla Espíritu Santo (Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas 1989). Por otro lado, la dinámica en sitios fuera de la costa adenaños a la Bahía de La Paz, como El Bajo de Espíritu Santo, presenta características típicas de zonas oceánicas, aunque la influencia de las aguas costeras provenientes de la bahía provoca la coexistencia de condiciones tanto oceánicas como costeras en esta montaña submarina (Trasviña et al. 2003).

4.3 Productividad

La productividad primaria en la Bahía de La Paz es elevada y con un marcado ciclo estacional: invierno-primavera (Reyes-Salinas 1999; Martínez-López et al. 2001). El enriquecimiento de las capas superficiales promovido por las surgencias y la formación del giro ciclónico estacional en el centro de la bahía (Jiménez-Illescas 1996; De Silva y Palomares 1998), tiene un efecto importante sobre la productividad secundaria de la bahía, que es particularmente evidente durante el invierno y la primavera (De Silva 1997; González-Navarro y Saldierna-Martínez 1997; Lavaniegos y González-Navarro 1999). La biomasa zooplanctónica muestra también variabilidad estacional en la bahía, siendo los mayores volúmenes en invierno y primavera, mientras que los más bajos en verano y otoño (De Silva 1997; Lavaniegos y González-Navarro 1999). Por otra parte, se ha mencionado que podrían existir también diferencias interanuales de la biomasa zooplanctónica en la Bahía, especialmente entre años no afectados por el ENSO y años ENSO, aunque esto último no ha sido comprobado (Lavaniegos y González-Navarro 1999).

7. Materiales y Métodos

7.1 Trabajo de Campo.

7.1.1 Búsqueda y avistamientos

▪ *Censos aéreos.*

- Vuelos mensuales. De febrero a abril y octubre durante 1-2 días (4-6.5 hrs/día) en 2001 y 2002. Para estos vuelos se utilizaron transectos (Fig. 4) diseñados con base en la información previa sobre zonas de agregación de la especie (Wolfson 1987; Clark y Nelson 1997; Ketchum, datos no publicados).
- Vuelos semanales. En mayo-junio y octubre-noviembre durante 2-4 días (1.5-3 hrs/día) de 1995 a 2002. En estos vuelos no se utilizaron transectos y la búsqueda siguió una ruta aleatoria que cubrió las principales zonas de agregación (Fig. 4).

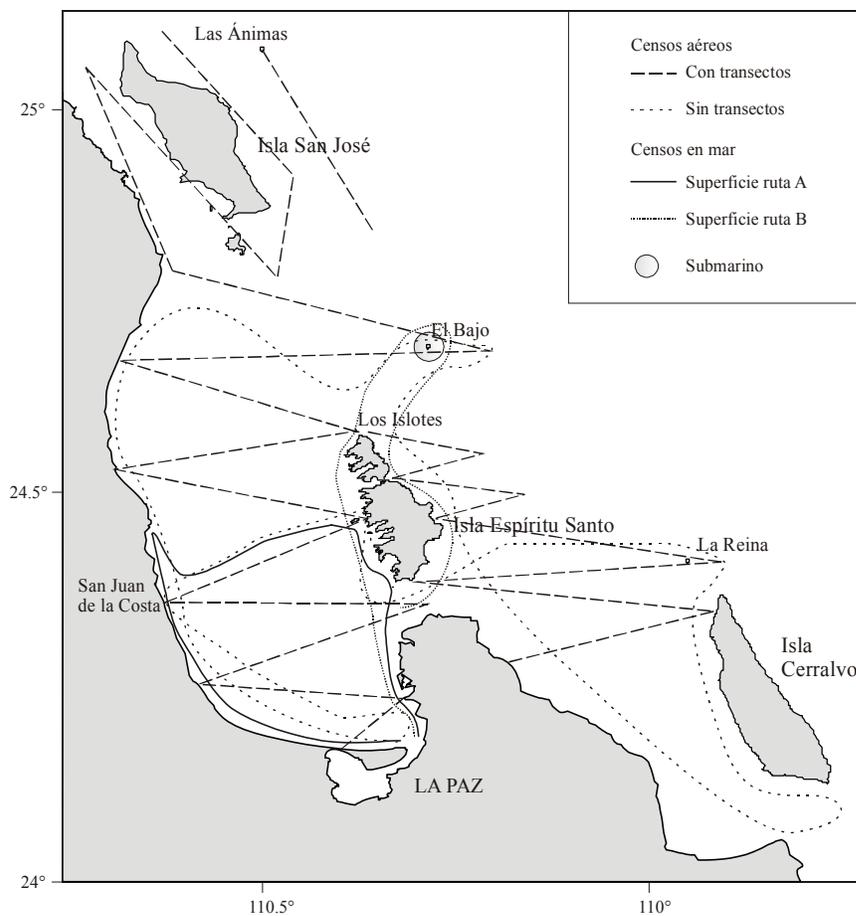


Figura 4. Censos aéreos y en mar en el área de estudio (1995-2002)

Estos censos se realizaron utilizando avionetas tipo *Cessna* 182 y ultraligeros pendulares (*Cosmos* y *Polaris*). Durante cada avistamiento se anotaron los siguientes datos en una bitácora de vuelo (Apéndice D): hora, fecha, posición exacta utilizando un posicionador por satélite (GPS-Garmin), número de tiburones, dirección aproximada de nado y tiempo en superficie, y fauna asociada.

▪ *Censos en mar.*

a) General.-

- Salidas mensuales. De mayo a noviembre (8 hrs/día; 2 días/mes) durante 2001 y de febrero a julio (8 hrs./día; 2 días/mes) en 2002, siguiendo una ruta de navegación específica basada en información previa sobre zonas de agregación (Wolfson 1987; Clark y Nelson 1997; Ketchum, datos no publicados; Fig. 4).
- Salidas semanales. En mayo-junio y noviembre (6-7 hrs./día; 4 días/semana; 1-3 semanas/mes) de 1995 a 2002, sin seguir una ruta de navegación específica pero cubriendo aleatoriamente las diferentes zonas de agregación.

Para los censos i) mensuales se utilizó una lancha con motor fuera de borda de 8 m de eslora y para los ii) semanales se empleó una embarcación de 25 m de eslora (B.M. Don José/Baja Expeditions) como plataforma de observación equipado con lanchas de 7 m de eslora para acercarse a los tiburones ballena.

En ambos censos, las embarcaciones navegaron a velocidad moderada (5-7 nudos) en: a) zonas conocidas de agregación y b) zonas donde la avioneta había avistado algún o algunos tiburones. La búsqueda se llevó a cabo por 2-4 observadores por embarcación, los cuales escudriñaron la superficie del mar utilizando binoculares (Nikon-Oceanpro 10x50) o a simple vista de 9 am a 5 pm (búsqueda mensual) y de 11 am a 6 pm (búsqueda semanal). La búsqueda se realizó con condiciones de mar 0 a 3 (escala Beaufort) y se detuvo o canceló cuando las condiciones del mar rebasaban el nivel 3. Durante cada avistamiento se utilizó una embarcación que navegó a muy baja velocidad (2-3 nudos) para acercarse a los tiburones y, posteriormente, 1-2 buzos con equipo básico de buceo procedieron a aproximarse y a

observar a cada tiburón. Los siguientes datos fueron anotados en una hoja de registro (Apéndice E): tamaño (longitud total, LT), altura de la 1ra aleta dorsal (D1H), género, marcas en el cuerpo (Apéndice A) y comportamiento (e.g. alimentación, movimientos). Además, al momento del avistamiento, se tomaron algunos parámetros hidrográficos: T° y S‰ a diferentes profundidades utilizando un mini-CTD (Inter-Ocean Systems) y transparencia con disco de Secchi, así como el estado de la marea, condiciones del tiempo (velocidad y dirección del viento) y del mar (en escala Beaufort). El tamaño de los tiburones se obtuvo de 3 diferentes maneras: a) *relativo*, utilizando el largo de algún cuerpo de tamaño conocido cercano (e.g. lancha, buzo; Apéndice A: Figs. A1a y b) para estimar la longitud total (LT); b) *estimado*, utilizando la altura de la 1ra aleta dorsal (*sensu* Taylor 1994); y c) *directo*, midiendo la longitud total (LT) del animal colocando una línea marcada junto a éste (Fig. A1c). El género del tiburón se determinó mediante la observación de presencia o no de gonopterígios en la base de las aletas pélvicas (Figs. A2a y b). La ubicación y trayectoria del tiburón se determinaron con un posicionador por satélite (GPS-eTrex Garmin).

b) Puntual en El Bajo de Espíritu Santo (EBES).-

- Buceos mensuales. Durante cada censo mensual en mar (mayo-noviembre, 2001 y febrero-julio 2002) se realizaron dos inmersiones en el Bajo de Espíritu Santo (EBES)(Fig. 4), en los cuales se llevaron a cabo recorridos alrededor de los picos submarinos norte y centro a profundidades entre 10 y 35 m, cubriendo la mayor parte del área ocupada por estos picos (~0.2 km²).
- Buceos semanales. De manera simultánea a los censos semanales en mar (mayo-junio y noviembre 1995-2002), se realizaron 1-2 buceos. Durante estas inmersiones el recorrido fue generalmente hacia la pendiente oriental de los picos de EBES en agua más profunda (>45 m).

Durante cada avistamiento se anotaron en unacrílico, en la medida de lo posible, tamaño (LT), altura de la 1ra dorsal (D1H), género, marcas en el cuerpo y comportamiento del tiburón. Esta información fue posteriormente anotada en la hoja de registro (Apéndice E).

7.1.2 Colecta de zooplancton

Se usó el muestreo estándar, es decir, se llevaron a cabo arrastres superficiales y circulares durante cinco (5) minutos y a una velocidad de 1.5-2 nudos, utilizando una red cónica tipo CalCOFI de 333 μm de luz de malla, 60 cm de diámetro en la boca y 1-1.5 m de largo, y con flujómetro (General Oceanics) en el centro de la boca. Los arrastres se realizaron en las salidas para los **censos en mar**, utilizando las embarcaciones mencionadas. Una vez colectadas las muestras, fueron fijadas con una solución de formaldehído al 4% neutralizado con borato de sodio. Simultáneamente, durante cada arrastre se anotaron los siguientes datos en la bitácora de plancton (Apéndice D): fecha, hora, ubicación (estación), lecturas del flujómetro (inicial y final), duración del arrastre, temperatura y salinidad a diferentes profundidades (superficie, 10, 20 y 30 m) utilizando un mini-CTD (Inter-Ocean Systems), y la transparencia del agua con disco de Secchi. Además se tomó nota del estado de la marea, así como de las condiciones del tiempo (velocidad del viento, dirección) y del mar (escala Beaufort). Se llevó a cabo una *colecta mensual fija* (mayo 2001 a julio 2002): arrastres horizontales mensualmente en 12 estaciones establecidas previamente en sitios conocidos de presencia/agregación de la especie en la zona de estudio (Fig. 5).

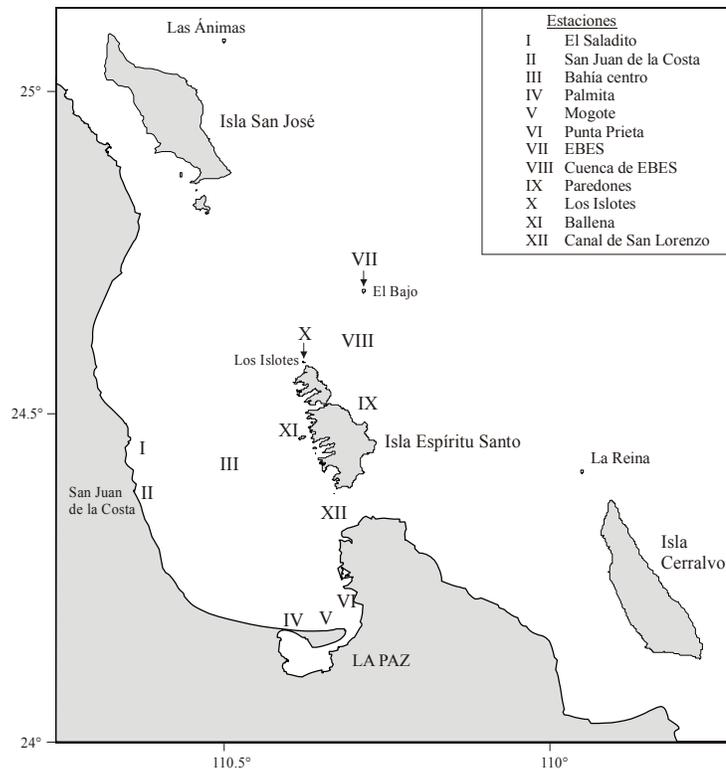


Figura 5. Estaciones de colecta de plancton (2001-2002)

En caso de encontrar tiburón ballena se aplicó la siguiente metodología:

- *Colecta con presencia de tiburón ballena* (mayo 2001 a noviembre 2002). Cada vez que fue posible se efectuaron arrastres cuando algún o algunos tiburones se encontraban en superficie procurando realizarlo lo más cerca posible a estos. Dos tipos de arrastres se llevaron a cabo, dependiendo del comportamiento del tiburón:

- a. Arrastres horizontales circulares (transectos). Consistieron en una serie de tres a cuatro colectas estándar (circulares) a lo largo de transectos de diferente longitud (100 m, 300 m y hasta 4 km), tomando como centro o primer muestreo la distancia más cercana a la boca del tiburón y los siguientes arrastres a 100 o 200 m de distancia y así hasta el final del transecto (Fig. 6a). Los transectos siguieron una dirección aleatoria pero en línea recta mientras el tiburón nadaba en alguna dirección.
- b. Arrastres horizontales lineales. Una sola colecta (sin transecto) se realizó durante cinco minutos siguiendo la trayectoria de nado del tiburón. La red se posicionó a pocos metros (5-10 m) frente a la boca del tiburón, utilizando una línea de nylon de 30 m de largo arrastrada por una lancha (Fig. 6b) a una velocidad similar a la del tiburón (1.5-2 nudos) (Fig. 6b). Este método se utilizó solamente en casos en que el tiburón se movía y se alimentaba siguiendo una misma dirección (alimentación pasiva, ver sección 8.4).
- c. El arrastre inicial del transecto se hizo alrededor del tiburón en los casos en que se encontraba alimentándose de manera vertical (succión-estacionaria, ver sección 8.4) (Fig. 6c).

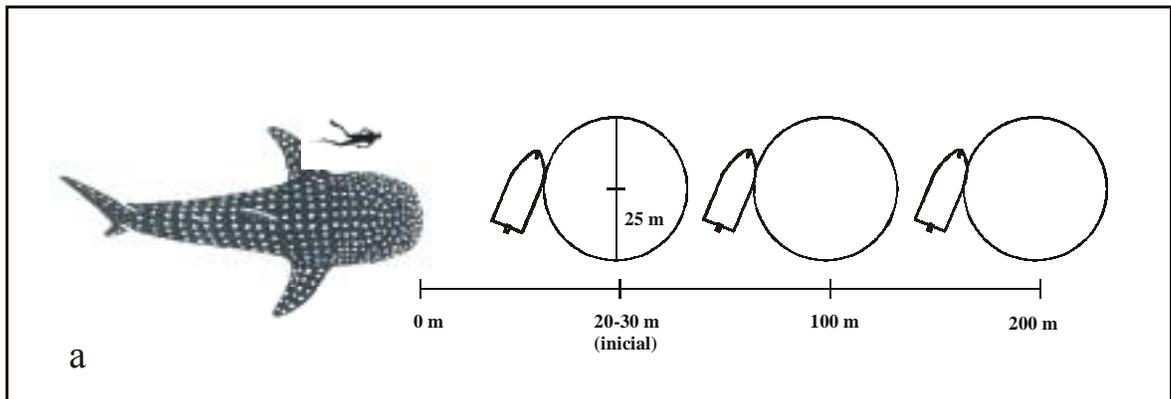


Figura 6a. Arrastre superficial estándar con presencia de tiburón ballena

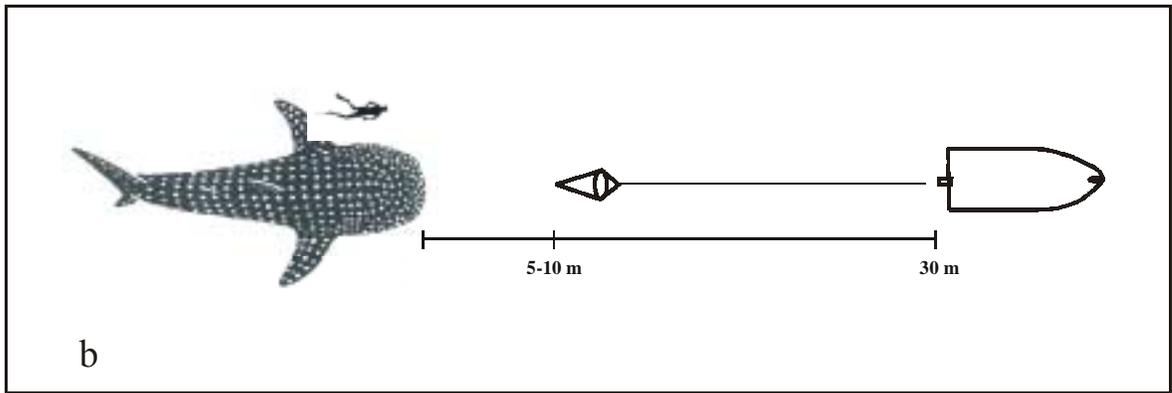


Figura 6b. Arrastre superficial lineal con presencia de tiburón ballena

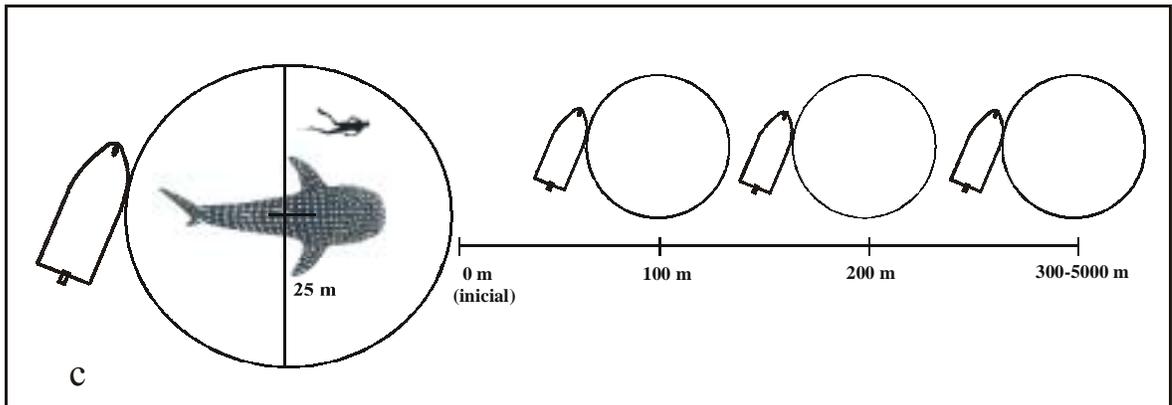


Figura 6c. Arrastre superficial estándar alrededor del tiburón ballena

Para saber si el tiburón se estaba alimentando o no durante los arrastres mencionados, un buzo libre se posicionó lo más cercano posible a la boca del tiburón (1-3 m), de manera que pudiera observar el comportamiento alimentario mientras la red era arrastrada (Figs. 6a, b y c). En el caso de los arrastres lineales, el buzo también observó la distancia entre la red y la boca del tiburón. Además, al tiempo de cada arrastre, se anotaron los datos correspondientes en la bitácora de plancton (Apéndice D). Durante estos arrastres se procuró mantener la lancha a una distancia adecuada (>20 m) para no interrumpir las actividades normales del tiburón.

7.1.3 Video y fotografía submarina

En cada avistamiento y particularmente durante algún evento de alimentación se procedió a realizar tomas de videograbación submarina utilizando una cámara SONY-Hi8 con caja hermética (Stingray-Lights and Motion), procurando filmar la boca y las hendiduras branquiales del animal. Las tomas fueron analizadas posteriormente con el fin de conocer los patrones de comportamiento durante la alimentación. Asimismo, con el fin de diferenciar a los individuos observados se tomaron algunas fotografías de marcas y cicatrices de los tiburones con cámara submarina (Sea&Sea MMII).

7.2 Trabajo de laboratorio

7.2.1 Procesamiento de las muestras.

- 1) Tratamiento inicial y etiquetado. Una vez en el laboratorio, se procedió a remover el excedente de agua de mar, dejando las muestras a un volumen estándar de 225 ml. En caso de muestras muy saturadas se nivelaron a un volumen de 500 o 750 ml. Cada frasco se etiquetó con la información correspondiente. Nota: El excedente de agua de mar con formol se depositó en contenedores asignados para su posterior reciclaje.
- 2) Estimación de la biomasa. Se determinó la biomasa húmeda mediante el método del volumen desplazado (Smith y Richardson 1979) para cada muestra.
- 3) Fraccionamiento. Se fraccionaron las muestras madre con una biomasa alta (>20 ml) en alícuotas de 1/2 hasta 1/6, utilizando el fraccionador Folsom.

7.2.2 Revisión de las muestras

- 1) Revisión e identificación. Se revisaron las alícuotas completas o la totalidad de la muestra en el caso de muestras con biomasa inferior a 20 ml. La determinación de los taxa se realizó a nivel de grandes grupos zooplanctónicos (e.g. Chaetognatha, Euphausiacea, Copepoda, etc.) utilizando para su identificación los trabajos de Smith (1977), Todd y Laverack (1991) y Tregouboff y Rose (1965), así como la asesoría de investigadores del Departamento de Plancton del CICIMAR.
- 2) Conteo. El conteo de los diferentes taxa identificados se llevó a cabo directamente en la caja de Petri, utilizando un contador múltiple, procurando homogeneizar la muestra en el frasco y tomando sólo 5 ml de muestra a la vez. Esto último, con el fin de no saturar la

submuestra en la caja de Petri y poder así realizar la identificación y conteo con mayor facilidad.

7.3 Análisis de datos

7.3.1 Censos

7.3.1.1 Distribución temporal.

- Abundancia relativa. Se estimó mensualmente para cada año a partir del número de tiburones avistados por milla de i) búsqueda por aire y ii) búsqueda por mar. La determinación de la abundancia relativa eliminó el sesgo producido por un esfuerzo de búsqueda desigual en los meses del año estudiados.
- Comparaciones estacionales e interanuales. Con el fin de conocer la variación en abundancia relativa y detectar diferencias significativas entre las épocas del año (primavera-otoño), se utilizó el análisis no paramétrico para dos muestras independientes de Kolmogorov-Smirnov, y para conocer la variación entre los años se aplicó un análisis de variancia no paramétrico (Kruskal-Wallis; Zar 1996); lo anterior debido a la naturaleza no normal de los datos (pruebas de normalidad: Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors y Shapiro-Wilks; $p < 0.05$). Además, para identificar la relación entre las variables analizadas, se utilizaron pruebas *a posteriori* de los rangos de las medias (Kruskal-Wallis). Por último, se aplicó una prueba de independencia (χ^2 ; Zar 1996) para conocer el grado de relación entre la edad/talla y sexo con la época del año (primavera, otoño).

7.3.1.2 Distribución espacial. El área de estudio se dividió en 8 zonas (Fig. 7), mismas que se establecieron de acuerdo a la batimetría y a las condiciones oceanográficas de la región, aunque el área de cada cuadrante se precisó, en la medida de lo posible, a partir de un estándar arbitrario (15' de latitud x 20' de longitud). Se trazaron todas las rutas de los censos realizados en la zona de estudio (1995-2002) con sus respectivos avistamientos, utilizando los programas MapSource 4.09 y Costas México 1.5. Con esta base se calculó la abundancia relativa por zona para eliminar el sesgo producido por el esfuerzo espacial diferencial en el área de estudio.

Por otra parte, los avistamientos por talla y sexo se ubicaron por separado sobre mapas batimétricos (50, 100 y 200 m) del área de estudio y se efectuaron pruebas de independencia (χ^2 ;

Zar 1996) con el fin de conocer la relación entre edad/talla y ambiente (costero/oceánico) así como entre sexo y ambiente.

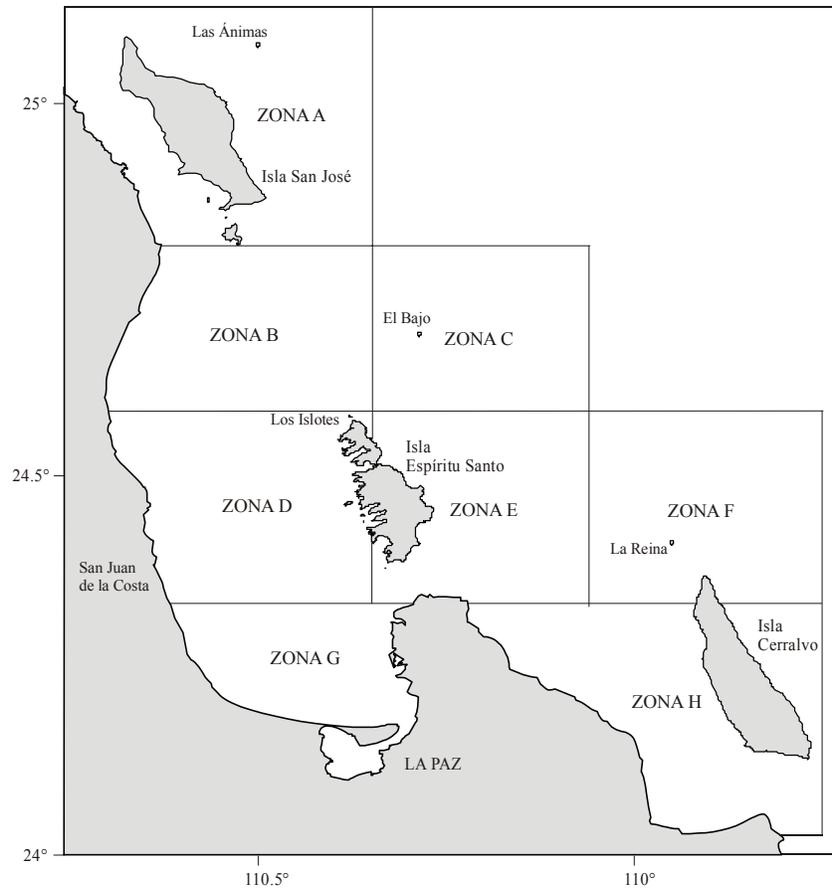


Figura 7. Zonificación del área de estudio

7.3.2. Muestras

7.3.2.1 Estandarización de la biomasa zooplanctónica. La biomasa húmeda se estandarizó a 1000 m³ mediante la siguiente fórmula:

$$B = (b/V)(1000)$$

B= biomasa estandarizada

b=biomasa húmeda

V= volumen de agua filtrada en el lance (m³)= a x (f x r), donde

a= área de la boca de la red ($\pi \times r^2$)

f= factor de calibración del flujómetro (m/rev)

r= diferencia entre lecturas del flujómetro (final-inicial)

Los datos fueron normalizados mediante una transformación logarítmica (Log_{10} ó $\text{Log}_{10}(x+1)$) cuando la matriz tenía 0's) (Krebs 1989) con el fin de poder utilizar análisis estadísticos más robustos (e.g. métodos paramétricos).

7.3.2.2 Cuantificación de los grupos zooplanctónicos. El número total de organismos se obtuvo de la siguiente fórmula:

$$N = (n) (a)$$

N = No. total de organismos en la muestra original

n = total de organismos presentes en la alícuota

a = fracción de la alícuota

Posteriormente, el número de organismos también se estandarizó a 1000 m^3 utilizando la fórmula:

$$N_n = n/V (1000)$$

N_n = No. total de organismos en 1000 m^3

n = total de organismos presentes

V = volumen de agua filtrada en el lance (m^3) = a x (f x r)*

*fórmula explicada arriba

Los datos fueron también normalizados mediante una transformación logarítmica (Log_{10} ó $\text{Log}_{10}(x+1)$) (Krebs 1989).

7.3.2.3 Comparaciones de la biomasa zooplanctónica.

- Comparaciones temporales.

- a. Totales (estaciones de colecta): entre todos los meses durante el período de estudio.

- b. Presencia y no presencia de tiburón ballena: i) entre todas las colectas con presencia de tiburón ballena sin alimentarse y alimentándose, obtenidas en diferentes meses a lo largo del período de estudio, y ii) entre colectas con presencia y colectas sin presencia de tiburones en la misma estación de colecta pero en diferente época del año (e.g. primavera vs. verano, otoño vs. invierno).

- Comparaciones espaciales.

- a. Totales (estaciones de colecta): se elaboraron mapas con la distribución espacial de la biomasa zooplanctónica para cada uno de los meses de colecta.

- b. Presencia y no presencia de tiburón ballena: i) entre colectas con presencia de tiburón alimentándose y colectas sincrónicas en la red de estaciones de la bahía, y ii) entre colectas realizadas a lo largo de los transectos (ver sección 7.1.2).

Para las comparaciones se utilizaron gráficos y análisis estadísticos con el fin de conocer el nivel de significancia: ANOVA y pruebas no paramétricas (Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, y Wilcoxon para muestras pareadas; Zar 1996) en el caso de juegos de datos con distribución normal. En algunos casos se utilizaron pruebas *a posteriori* de Tukey y de Kruskal Wallis (Zar 1996) para identificar la relación entre las diferentes variables.

7.3.2.4 Comparaciones de la estructura zooplanctónica (composición y abundancias totales de los diferentes grupos).

- Comparaciones temporales.

- a. Totales (estaciones de colecta): (ver sección 7.3.3.1)

- b. Presencia y no presencia de tiburón ballena: i) entre todas las diferentes colectas con presencia de tiburón ballena, sin alimentarse y alimentándose, obtenidas en diferentes meses a lo largo del período de estudio, incluyendo las colectas sin presencia en las mismas estaciones de colecta pero en diferente época del año (e.g. primavera vs. verano, otoño vs. invierno, etc.).

- Comparaciones espaciales.

- a. Totales (estaciones de colecta): (ver sección 7.3.3.1)

- b. Presencia y no presencia de tiburón ballena: i) entre colectas con presencia de tiburón alimentándose y colectas sincrónicas sin presencia en la red de estaciones de la bahía y ii) entre colectas a lo largo de transectos.

Se utilizaron gráficos y el análisis multivariado de factores (Hair et al. 1999) para detectar estructura en los datos y reconocer diferencias o similitudes entre la colectas analizadas.

7.3.3 Caracterización del hábitat

7.3.3.1 Zooplancton y factores ambientales

Con el objeto de caracterizar el hábitat del tiburón ballena, se contrastaron todas las estaciones de colecta mediante el análisis multivariado de factores. A continuación se describen los pasos del análisis (*sensu* Kachigan 1991 y Hair et al. 1999):

1. Supuesto de normalidad. Los datos fueron normalizados utilizando una transformación logarítmica ($\text{Log}_{10}(x+1)$).
2. Método de extracción de los factores. Se utilizó el análisis de componentes principales (ACP). Este análisis se utiliza con el objetivo de resumir la mayoría de la información original en una cantidad mínima de factores con propósitos de predicción.
3. Cálculo del número de factores a extraerse. Esto se llevó cabo con el criterio de contraste de caída ('scree plot').
4. Rotación de factores. Se utilizó la rotación ortogonal con el objetivo de simplificar la matriz de factores para facilitar la interpretación. Para esto se aplicó el método Varimax que maximiza las varianzas de las cargas de los factores, el cual es más robusto que otros dado a que muestra una separación clara de los factores.
5. Significación de las cargas factoriales. Se consideraron significativas las cargas con valores absolutos mayores de 0.7. La carga factorial es la correlación entre variable (original) y factor.
6. Caracterización de los factores. Las variables con mayor carga son consideradas de mayor relevancia y por tanto caracterizan al factor en cuestión.
7. Interpretación gráfica. Finalmente, cada factor representa un continuo a lo largo del cual las estaciones de colecta se agrupan o se separan. Los factores son independientes uno de otro, por tanto, la ubicación de una estación de colecta a lo largo de un factor es independiente de su ubicación en otro.

Este análisis se aplicó a dos matrices de datos:

Matriz 1. Utilizando el total de variables ambientales medidas durante el período de estudio: biomasa zooplanctónica, salinidad superficial del mar (SSM), temperatura superficial del mar (TSM) y coeficiente de extinción (k). Para obtener el coeficiente de extinción, la transparencia del mar medida *in situ* se transformó mediante la siguiente fórmula (Sverdrup et al. 1970):

$$k= 1.7/D$$

donde,

k= coeficiente de extinción

D= profundidad a la que desaparece el disco de Secchi

Matriz 2. Utilizando como variables el total de los grupos zooplanctónicos (estructura) colectados durante el período de estudio.

7.3.3.2 Anomalías térmicas

Se llevó a cabo el cálculo de las anomalías mensuales para la Bahía de La Paz, utilizando la base de datos semanal de temperatura de la serie Reynolds/NOAA, durante el período 1992-2002. Las anomalías térmicas por mes/año se representaron gráficamente. Para este análisis se eligieron las TSM semanales correspondientes a un punto geográfico localizado en el centro de la Bahía (24.5°N, 110.5°W) . A partir de los datos semanales se calculó un promedio mensual y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Anomalía} = m - \bar{A}$$

donde,

m= TSM promedio para el mes i

\bar{A} = TSM promedio del mes i para todos los años del período

La mayoría de los análisis de datos fueron realizados utilizando los programas Statistica 6.0 y PRIMER 5.0.

8. Resultados

8.1 Distribución temporal

8.1.1 Esfuerzo de búsqueda y abundancia relativa aérea (ARA)

El esfuerzo aéreo durante el período 1995 a 2002 estuvo principalmente dirigido a los meses de mayo-junio y septiembre-noviembre, aunque en algunos años hubo esfuerzo en julio y de febrero a junio (Figs. 8a-8h). El esfuerzo de búsqueda en los años 1995-1997 estuvo dirigido exclusivamente a los meses de mayo-junio; en 1998-2001 se realizó un esfuerzo adicional en los meses de septiembre, octubre y noviembre (Figs. 8a-8c). La diferente intensidad en los esfuerzos de búsqueda se debió a la variable disponibilidad de medios para llevarlo a cabo (e.g. embarcaciones, avionetas, etc.). Los niveles más altos de abundancia relativa (ARA) se encontraron en los años 1998, 1999 y 2001 (valores mayores a 2 tiburones/100 millas náuticas (mn) vuelo), durante los meses de mayo, junio, septiembre y octubre (Figs. 8a-8h). En los años restantes la ARA estuvo en niveles menores a 2 tb/100 mn vuelo (Figs. 8a-8h).

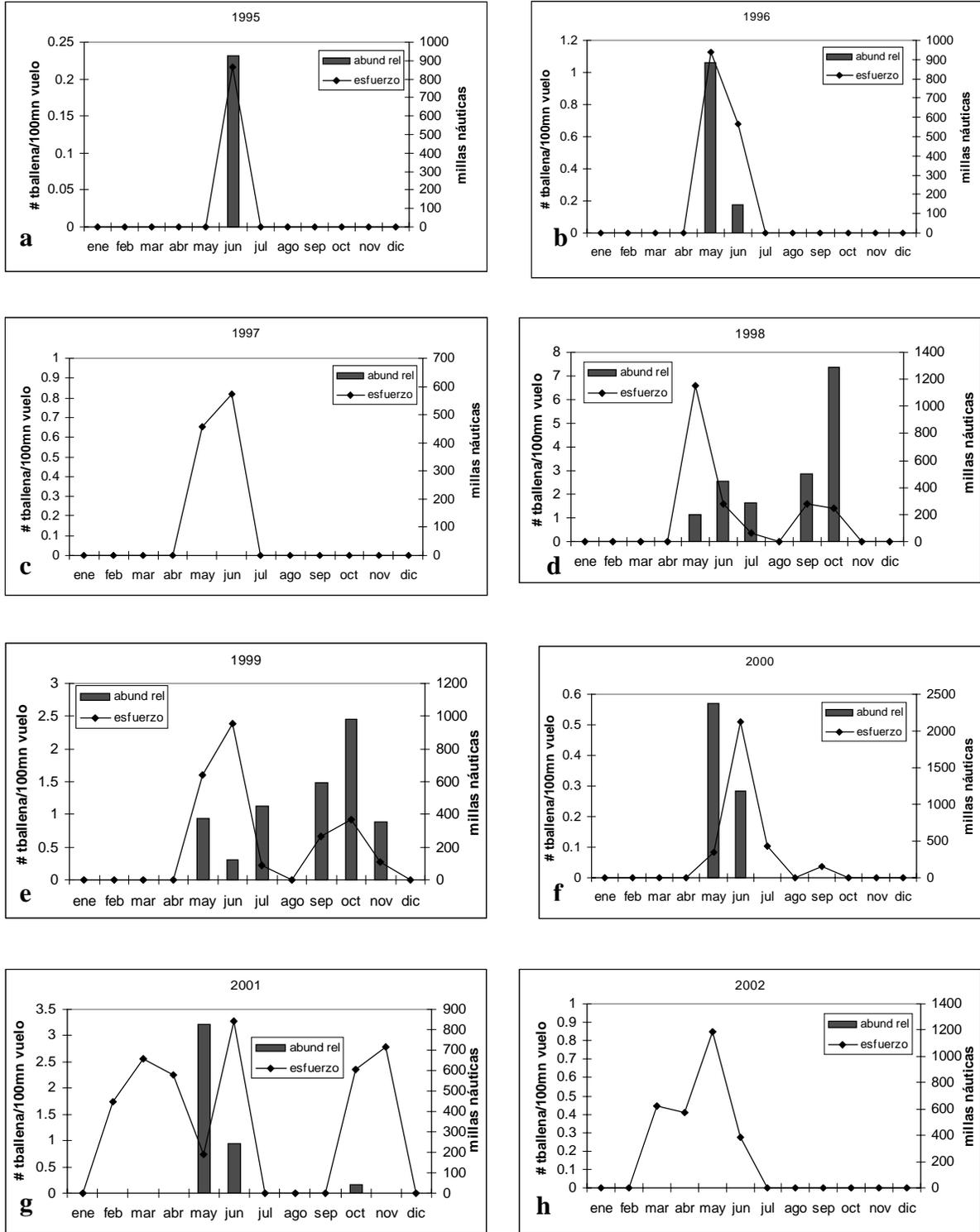


Figura 8. Esfuerzo y abundancia relativa por búsqueda aérea durante: a) 1995, b) 1996, c) 1997, d) 1998, e) 1999, f) 2000, g) 2001, h) 2002. mn= millas náuticas

8.1.2 Esfuerzo de búsqueda y abundancia relativa en mar (ARM)

La búsqueda por mar se realizó de mayo a noviembre, aunque en varios años no hubo esfuerzo en julio (Figs. 9a-9h). Durante 1995-1997 y 2000 el esfuerzo estuvo dirigido exclusivamente a los meses de mayo-julio (Figs. 9a, 9c y 9f); y en 1998, 1999, 2001 y 2002, además de la búsqueda en mayo-junio, también se llevó a cabo un esfuerzo de agosto a noviembre (Figs. 9d, 9e, 9g, 9h). También en 2002 se realizó búsqueda mensual de febrero a abril (Fig. 9h). La mayor abundancia relativa (ARM) se presentó en los años 1996, 1998 y 1999 (4 o más tiburones/100 mn navegación), durante los meses de mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre (Figs. 9a-9h). En el resto de los años la ARM se presentó en niveles bajos (< 4 tb/100 mn navegación) (Figs. 9a-9h).

8.1.3 Esfuerzo de búsqueda y abundancia relativa submarina (ARS)

La mayor parte de el esfuerzo submarino se realizó en los meses de mayo y junio, y en algunos años hubo esfuerzo de febrero a julio y de agosto a noviembre (Fig.10a). Los picos de abundancia (ARS) se encontraron en los años 2000 y 2001 (>1.4 tiburones/50 minutos buceo) durante el mes de mayo (Fig. 10b). En los años restantes la ARS estuvo en niveles menores a 1 tiburón/50 min. buceo (Fig. 10b).

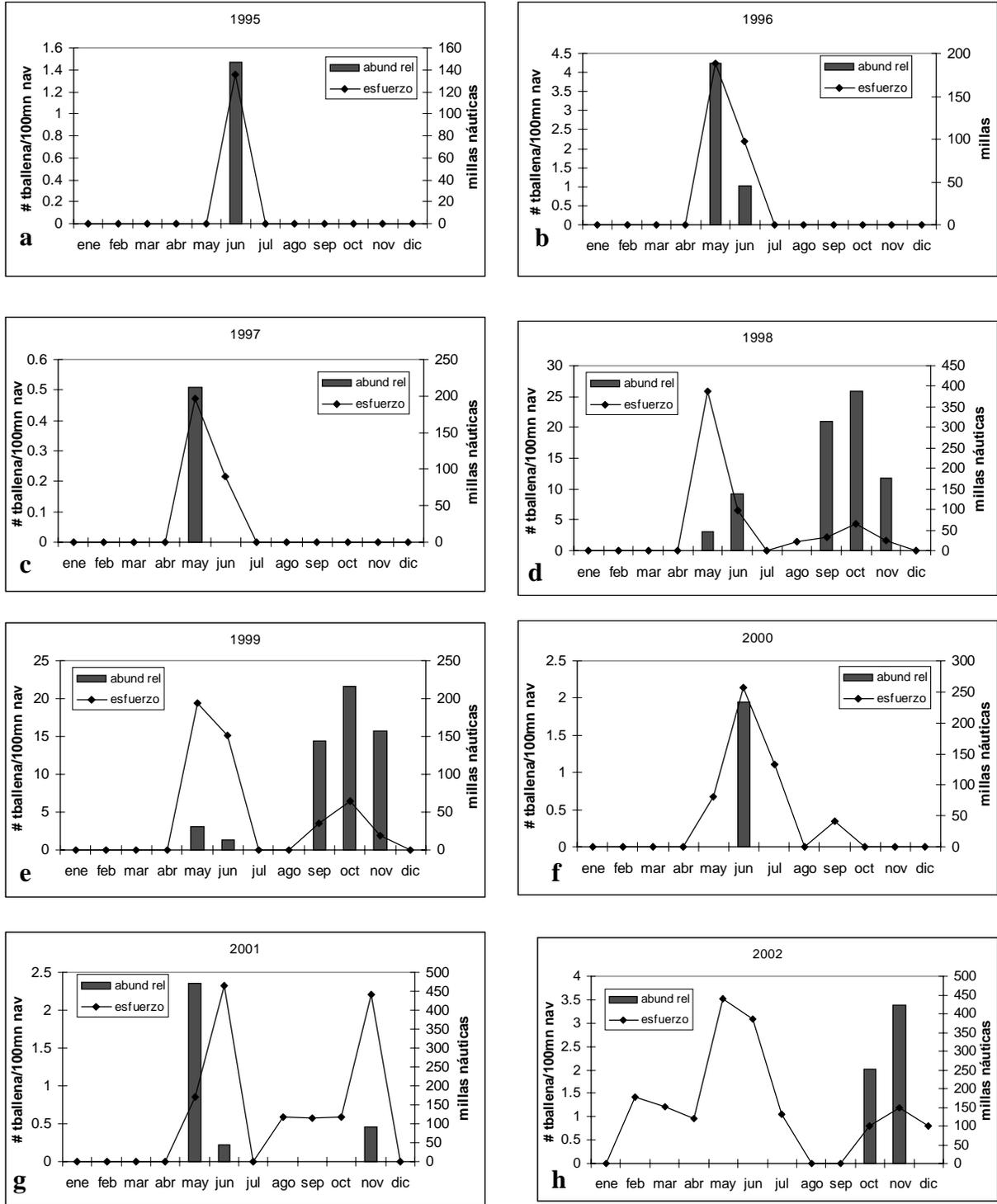


Figura 9. Esfuerzo y abundancia relativa por búsqueda en mar durante: a) 1995, b) 1996, c) 1997, d) 1998, e) 1999, f) 2000, g) 2001, h) 2002. mn= millas náuticas, nav=navegación

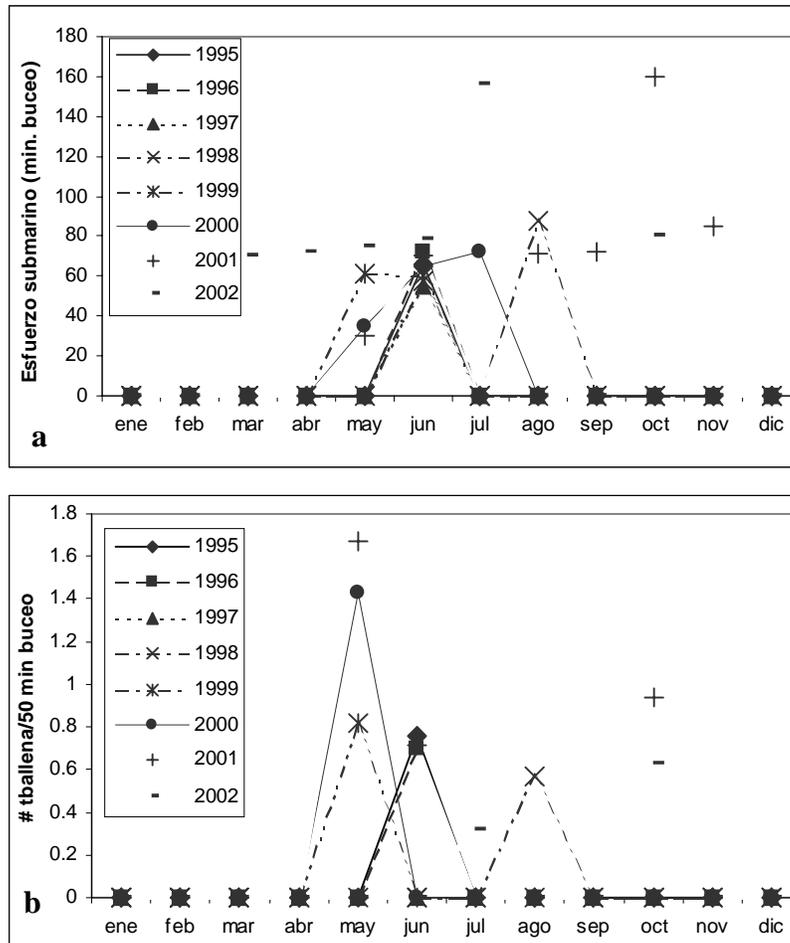


Figura 10. Esfuerzo (a) y abundancia relativa (b) por búsqueda submarina durante el periodo 1995-2002. min = minutos

8.1.4 Variaciones estacionales e interanuales

Tanto en la búsqueda por aire como por mar se encontraron variaciones estacionales (dentro de un mismo año: primavera-otoño) e interanuales de la abundancia relativa (Figs. 11a y b). Debido a que el esfuerzo de búsqueda no fue el mismo para todos los años, sólo se realizaron comparaciones entre los años en los que si hubo esfuerzo de búsqueda tanto en meses de primavera como de otoño (1998-2002; Figs. 11a y b).

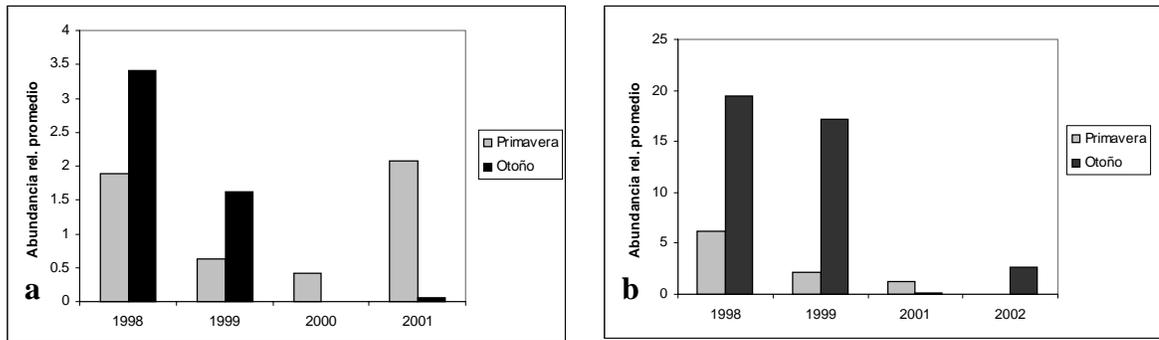


Figura 11. Variación estacional por a) búsqueda aérea y b) búsqueda en mar

Para la ARA, se encontraron diferencias significativas estacionales durante 2000-2001 (prueba Kolmogorov-Smirnov, $0.05 > p > 0.01$), y diferencias significativas interanuales (Kruskal-Wallis; $0.05 > p > 0.01$, $H=9.984$). Mediante la comparación con la prueba *a posteriori* de los rangos de las medias se detectaron diferencias significativas entre las abundancias de 1998 y 2000.

Para la ARM, se encontraron diferencias significativas estacionales durante 1998-1999 (prueba Kolmogorov-Smirnov, $0.05 > p > 0.01$) así como diferencias interanuales (Kruskal-Wallis; $p < 0.01$, $H=11.945$). Mediante la prueba *a posteriori* de los rangos de las medias se reconocieron las diferencias entre las abundancias de 1998 y 2001.

8.1.5 Distribución temporal por edad/talla y sexo

Al comparar de manera estacional la abundancia de todos los años pero separando por talla del tiburón, se encontró una distribución diferencial, es decir, los organismos juveniles (< 8 m LT) fueron más abundantes en otoño, mientras que los adultos (> 8 m LT) se encontraron más comúnmente en primavera (Fig.12a). Se rechazó H_0 ($p < 0.005$; $\chi^2 = 13.999$), lo que demuestra que existe una relación significativa entre la edad/talla y la época del año (e.g. primavera, otoño).

Comparando estacionalmente la abundancia por sexo de manera gráfica, se encontró una tendencia de las hembras por preferir la época de primavera y los machos por preferir el otoño (Fig. 12b). Sin embargo, no existe una relación significativa entre el sexo y el año ($p < 0.005$; $\chi^2 =$

2.3919), es decir, no hay suficiente evidencia para afirmar una preferencia de cada sexo por cierta época del año.

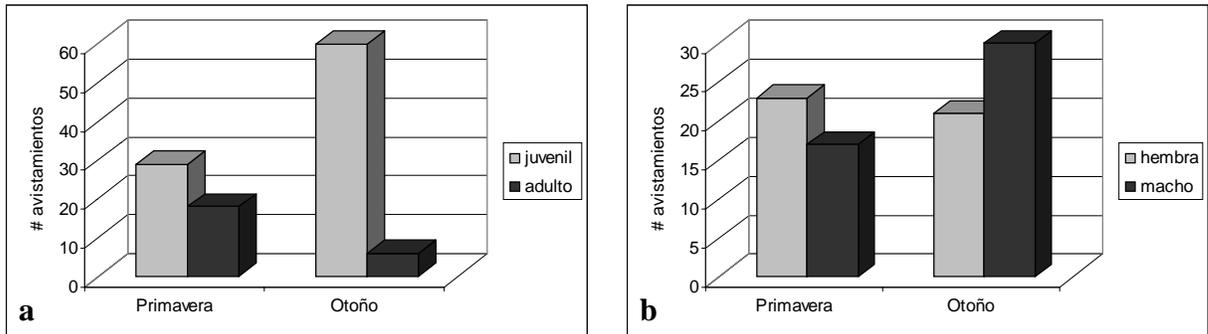


Figura 12. Distribución temporal por a) edad/talla y b) sexo durante el periodo de 1995-2002

8.2 Distribución espacial

8.2.1 Avistamientos totales y abundancia relativa aérea (ARA) total por zona

Del total de avistamientos entre 1995 y 2002 ($n= 145$), la mayor abundancia (ARA) tuvo lugar en la zona G (146 tballena/100 mi), y en menor medida, en la zona D (41.5 tballena/100 mi), seguido por las zonas E (20.5 tballena/100 mi) y C (13 tballena/100mi). En las zonas restantes la abundancia fue menor a 10 tballena/100 mi o nula (Fig. 13). Al calcular la ARA total por zona/mes se encontraron los niveles más altos en la zona G para los meses de septiembre-octubre y mayo-junio (Fig. 14), seguido por las zonas C, D y E para mayo-junio, y finalmente la zona H para el mes de octubre (Fig. 14).

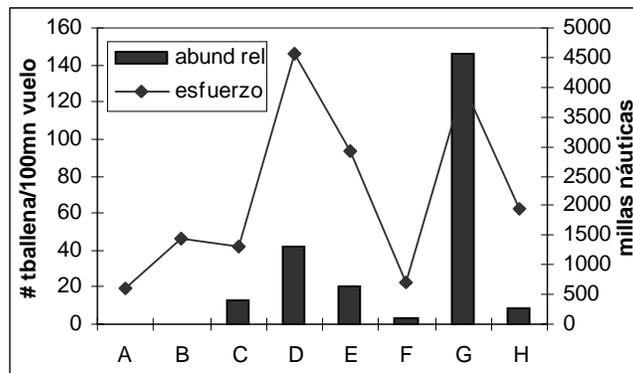


Figura 13. Esfuerzo aéreo y abundancia relativa total por zona. mn= millas náuticas

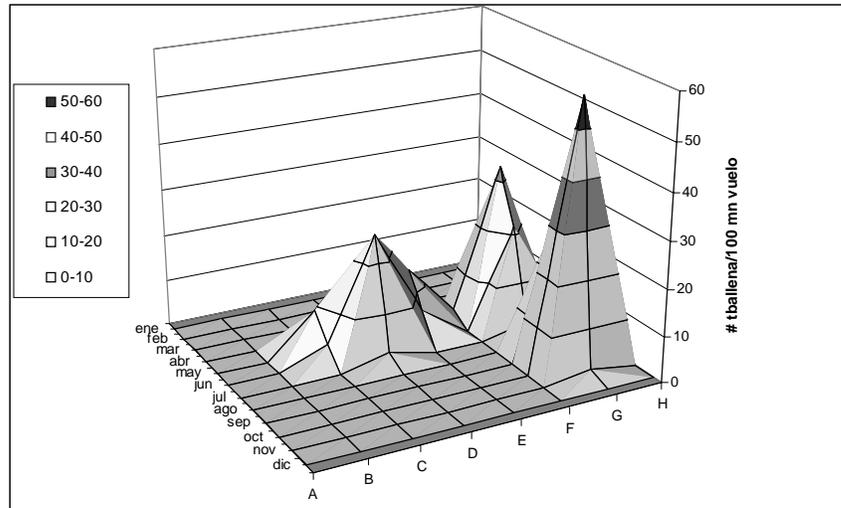


Figura 14. Abundancia relativa por zona/mes para el periodo 1995-2002.
mn= millas náuticas

8.2.2 Distribución espacial por edad/talla y sexo

Se observó claramente una distribución diferencial por edad/talla de los tiburones avistados en la zona de estudio durante 1995-2001. La mayor parte de los avistamientos de tiburones juveniles (< 8 m LT) se localizaron en la porción sur y oeste-central de la Bahía, mientras que la mayor parte de los adultos (> 8 m LT) se encontraron dispersos en la Bahía centro, al este de Espíritu Santo y en EBES (Fig. 15). Asimismo, los juveniles se encontraron generalmente asociados a aguas costeras (< 100 m de profundidad) y los adultos asociados a aguas más profundas (en el borde o afuera de la isobata de los 200 m) (Fig. 15). Existe efectivamente una relación entre la edad/talla de los tiburones con el ambiente ($p < 0.005$; $\chi^2 = 39.138$), es decir, los animales juveniles muestran una asociación significativa con ambientes costeros, mientras que los adultos muestran una asociación con ambientes oceánicos (Fig. 15).

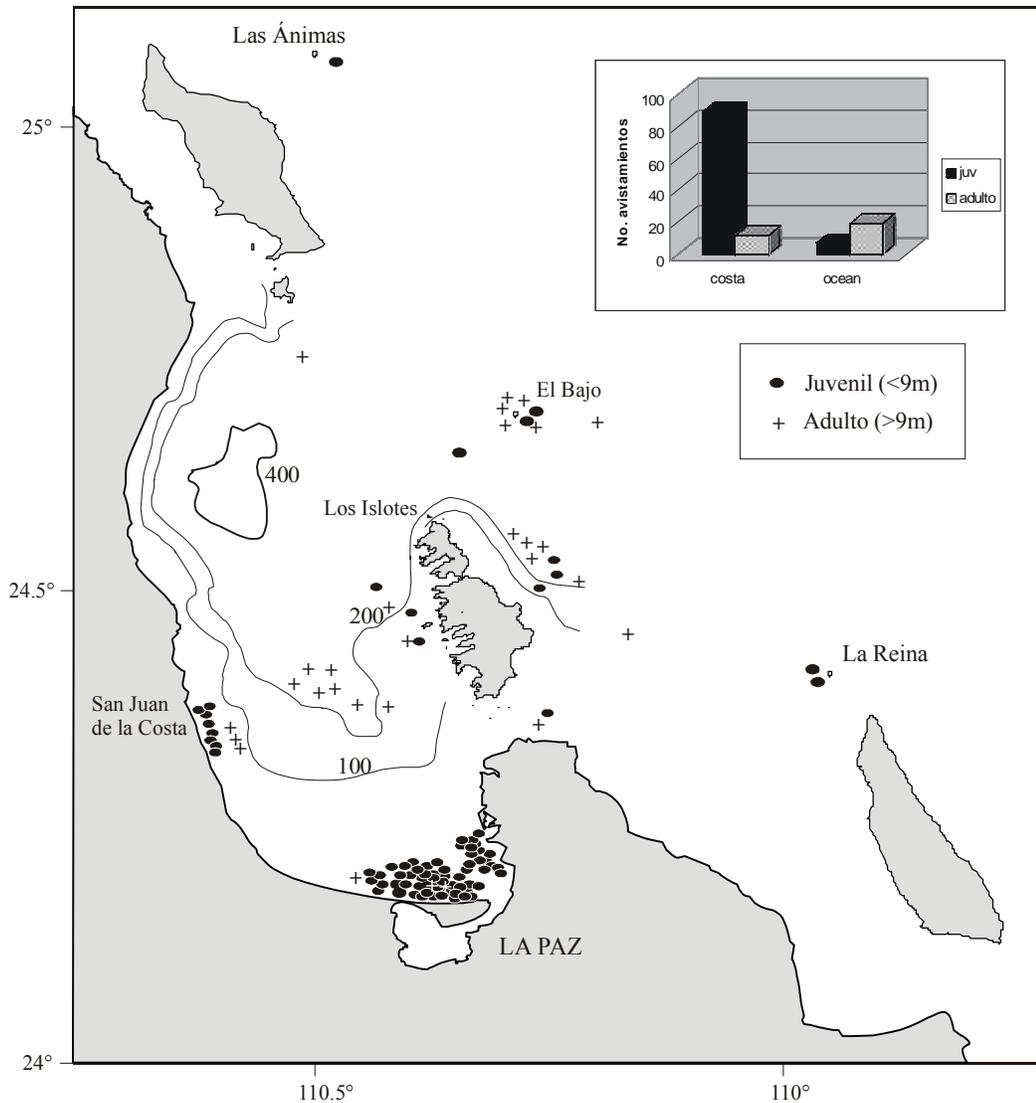


Figura 15. Distribución espacial por edad/talla (1995-2002). Isobatas en metros.

De igual forma, se detectó una distribución diferencial por sexo de los tiburones avistados en la zona de estudio durante el período 1995-2001. Los machos se encontraron generalmente en la porción sur de la Bahía y en la zona oeste-central. Las hembras se localizaron principalmente en la porción sur de la Bahía, al este de Espíritu Santo, EBES y la porción central de la Bahía (Fig. 16). Los machos se encontraron típicamente más asociados a zonas costeras (<100 m prof; 1.5 machos:1 hembra), mientras que las hembras se encontraron generalmente asociadas a ambientes profundos (mas allá del borde de la isobata de 200 m) y de influencia oceánica (1 macho:5.2 hembras) (Fig. 16). Por tanto, en efecto existe una clara relación entre el sexo del organismo y el ambiente ($p < 0.005$; $\chi^2 = 14.37$), ya sea costero u oceánico (Fig. 16).

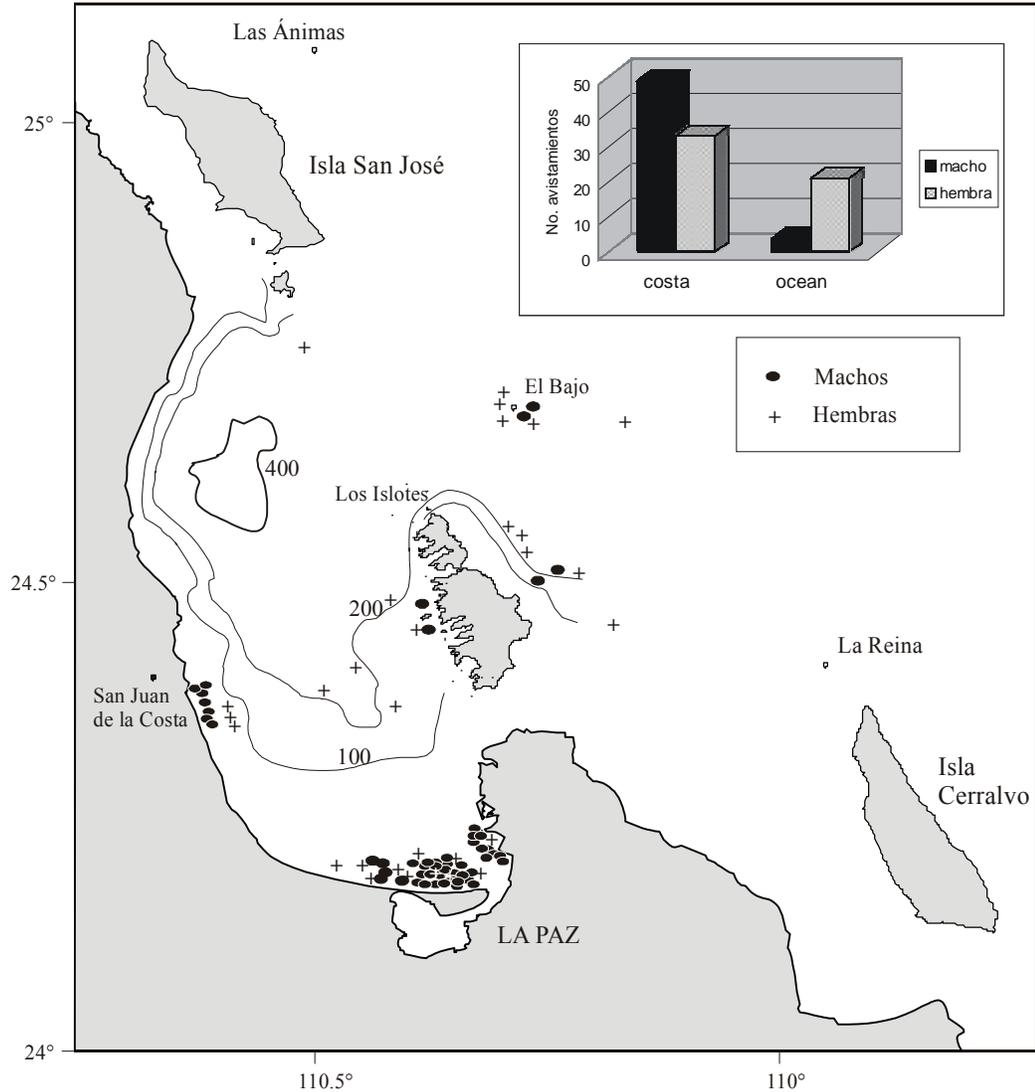


Figura 16. Distribución espacial por sexo (1995-2002). Isobatas en metros.

8.3 Factores ambientales y caracterización del hábitat

8.3.1 Temperatura y salinidad superficial del mar (TSM y SSM)

8.3.1.1 Medición *in situ* durante 2001-2002

La TSM mensual para el área de estudio muestra claramente los máximos en los meses de verano y otoño (agosto a octubre; $>27^{\circ}\text{C}$) y los mínimos en invierno (febrero y marzo; $<21^{\circ}\text{C}$) (Fig. 19). Los meses de primavera y otoño muestran temperaturas intermedias, siendo en primavera

más bajas (24-25°C) y en otoño más cálidas (27-28°C). Comparando las temperaturas del período 2001-2002, es interesante notar que en este último año la TSM muestra una tendencia a la baja a finales de primavera e inicios del verano, lo cual contrasta con el año anterior (Fig. 19) o con cualquier otro año ‘normal’. Comparando la TSM y SSM en un diagrama T-S considerando todas las estaciones de colecta durante el período de estudio (2001-2002), podemos observar una clara diferencia entre las colectas con condiciones de invierno-primavera ($S > 35$ ups y $T < 25^\circ\text{C}$) y las colectas con condiciones de verano-otoño ($S < 35$ ups y $T > 25^\circ\text{C}$) (Fig. 17). En el primer caso, las condiciones del mar se asemejan a las características de la masa de Agua del Golfo de California (AGC, $S > 35$ ups y $T > 12^\circ\text{C}$; Torres-Orozco 1993), y en el segundo, las condiciones se parecen a aquellas de la masa de Agua Superficial Ecuatorial (ASE, $S < 35$ ups y $T > 18^\circ\text{C}$; Torres-Orozco 1993) (Fig. 17). En octubre 2001 (estación VII-EBES) se observaron condiciones de la superficie del mar particulares muy distintas del resto de las colectas (Fig. 17).

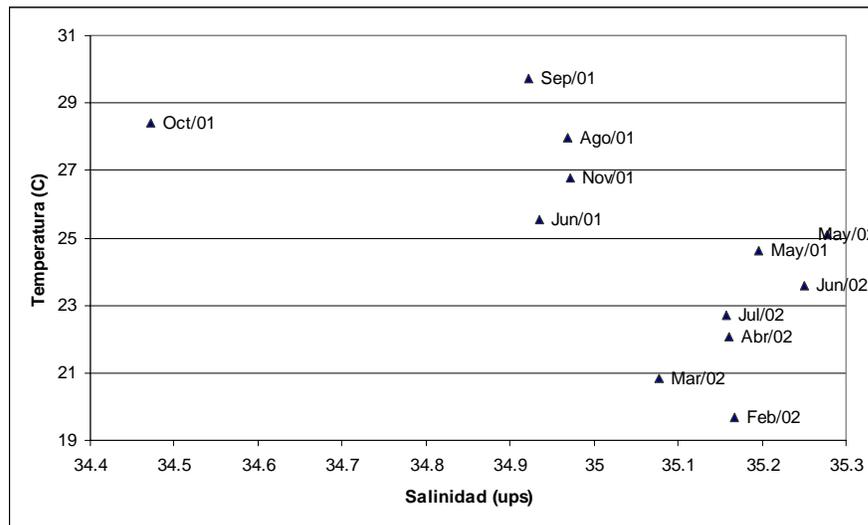


Figura 17. Diagrama T-S de los datos mensuales correspondientes al periodo 2001-2002

8.3.1.2 Anomalías interanuales

Se observa una marcada variación térmica en una escala interanual en la Bahía de La Paz. La presencia de tiburón ballena en la porción sur del Golfo se puede asociar a las anomalías de TSM. Se distinguen claramente los años cálidos (1992, 1993, 1997, 1998 y finales de 2002) de los años ‘normales’ y fríos (1994, 1995, 1996, 1999, 2000, 2001 y la mayor parte de 2002) (Fig. 18); no obstante, se observan breves períodos cálidos en la primavera de 1995 y 1996 y en el otoño de 2000 y 2001. La presencia de agregaciones de tiburones juveniles en la Bahía de La Paz se asocia a años ENSO (1992, 1993, 1998) y post-ENSO (1999), mientras que las agregaciones de tiburones adultos se asocian con años “normales’ y fríos (1996, 2000 y 2001). A pesar de lo anterior, en 1995 y 1997 se presentaron condiciones frías y ENSO, respectivamente, en la porción sur del Golfo, pero la presencia de tiburones en ambos años fue muy baja o casi nula. Aquí llama la atención el hecho de que en estos años ocurrieron anomalías negativas a inicios y mediados de la primavera. En 2002 la presencia también fue nula pero las condiciones fueron muy cambiantes (frías-cálidas-frías) durante toda la primavera, lo cual contrasta con el 2001.

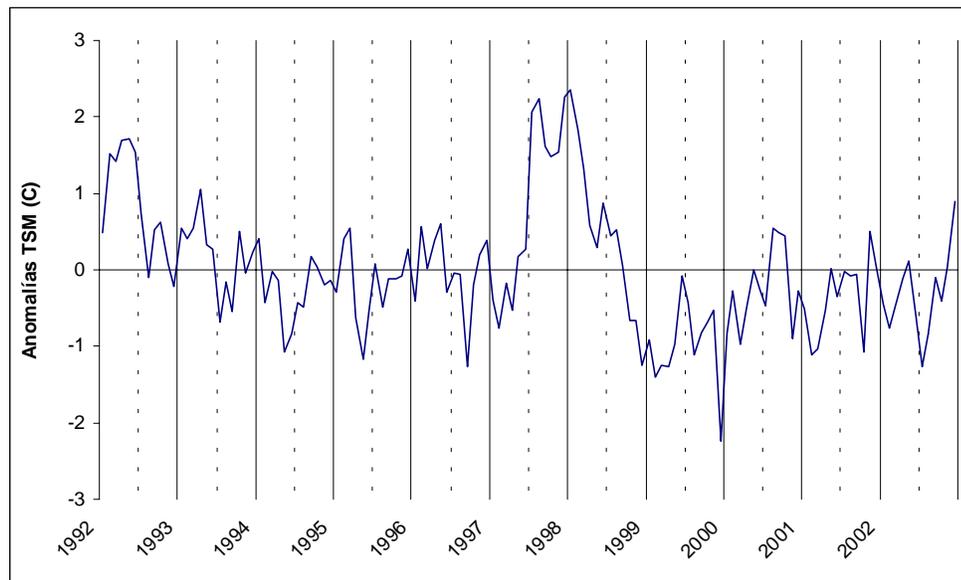


Figura 18. Serie de tiempo de anomalías de la TSM (1992-2002)

8.3.2 Biomasa zooplanctónica

8.3.2.1 Comparaciones temporales

Durante 2001 y 2002 el promedio de la biomasa zooplanctónica mensual mostró máximos en mayo (413 ml/1000m³) y junio (585 ml/1000m³), y dos de menor importancia en noviembre (290

ml/1000m³) y febrero (253 ml/1000m³); en el resto de los meses la biomasa promedio presentó volúmenes menores a 253 ml/1000m³ (Fig. 19). Durante 2002 la biomasa zooplanctónica promedio mensual mostró un franco decremento desde su volumen más elevado en febrero, descendiendo en marzo (140 ml/1000m³) hasta alcanzar sus niveles más bajos en mayo y junio (19 y 16 ml/1000m³, respectivamente) (Fig. 19). Aplicando un ANOVA simple para comparar las biomazas zooplanctónicas por estación/mes, se encontraron diferencias significativas entre los meses del período: 2001-2002 ($p < 0.01$, $F_{10,121} = 8.09$). En la Tabla 1 se identifican los meses con diferencias significativas mediante la prueba *a posteriori* de Tukey. Las principales diferencias son entre primavera-verano de 2001 y primavera-inicios de verano de 2002, así como entre otoño de 2001-invierno de 2002 y el mes de mayo/02, y junio/01 con septiembre/01 (Fig. 19b).

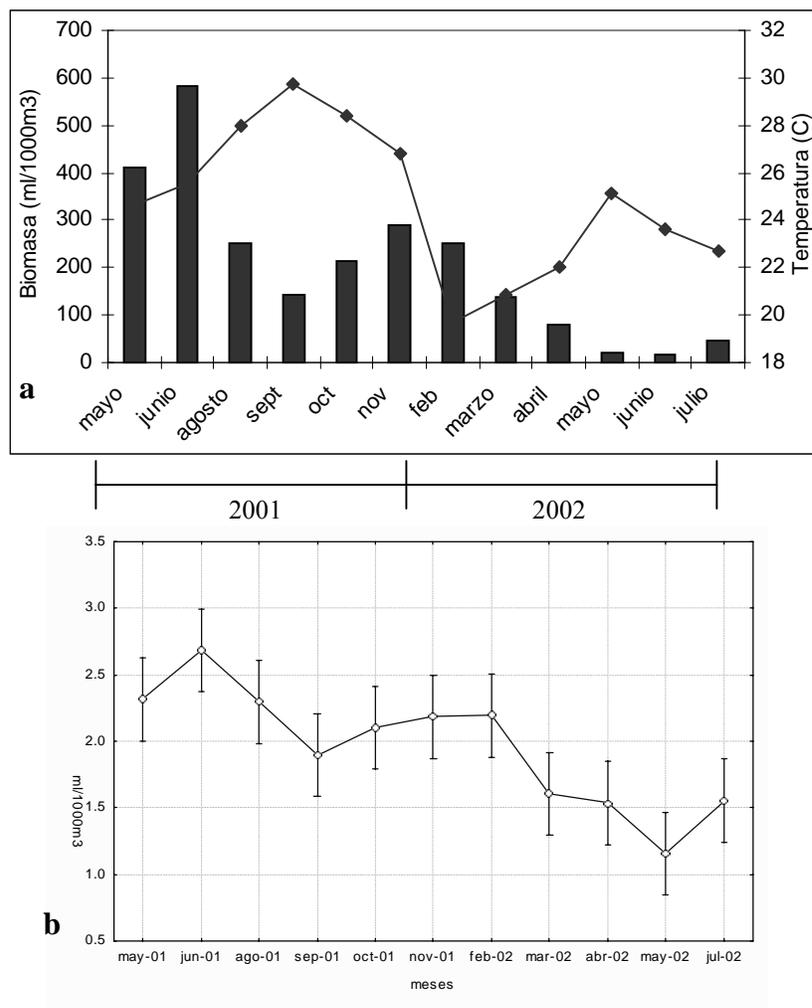


Figura 19. (a) Biomasa zooplanctónica promedio y TSM durante 2001-2002, y (b) gráfica de medias e intervalos de confianza

Tabla 1. Prueba de Tukey de la biomasa zooplanctónica mensual. Error= .29708, g.l.= 121.
Significancia: $p < 0.05$ (sombreado)

	May-01	Jun-01	Ago-01	Sep-01	Oct-01	Nov-01	Feb-02	Mar-02	Abr-02	May-02	Jul-02
May-01		0.859436	1.000000	0.727231	0.997333	0.999963	0.999981	0.056421	0.020285	0.000024	0.026632
Jun-01	0.859436		0.818886	0.017638	0.248751	0.477610	0.506253	0.000084	0.000028	0.000015	0.000035
Ago-01	1.000000	0.818886		0.777460	0.998738	0.999991	0.999996	0.071395	0.026576	0.000030	0.034597
Sep-01	0.727231	0.017638	0.777460		0.997534	0.969099	0.961884	0.970181	0.877734	0.036672	0.909630
Oct-01	0.997333	0.248751	0.998738	0.997534		1.000000	0.999999	0.482003	0.275467	0.001076	0.322680
Nov-01	0.999963	0.477610	0.999991	0.969099	1.000000		1.000000	0.251987	0.119105	0.000212	0.146227
Feb-02	0.999981	0.506253	0.999996	0.961884	0.999999	1.000000		0.231463	0.107234	0.000178	0.132303
Mar-02	0.056421	0.000084	0.071395	0.970181	0.482003	0.251987	0.231463		1.000000	0.631538	1.000000
Abr-02	0.020285	0.000028	0.026576	0.877734	0.275467	0.119105	0.107234	1.000000		0.832860	1.000000
May-02	0.000024	0.000015	0.000030	0.036672	0.001076	0.000212	0.000178	0.631538	0.832860		0.788238
Jul-02	0.026632	0.000035	0.034597	0.909630	0.322680	0.146227	0.132303	1.000000	1.000000	0.788238	

8.3.2.2 Comparaciones espaciales

La distribución espacial mensual de la biomasa zooplanctónica muestra que durante 2001 los niveles más elevados de biomasa se encontraron generalmente en áreas costeras (zonas G y D; San Juan de la Costa-Palmita-Mogote-Punta Prieta), especialmente en primavera (Figs. 20a y 20b). Durante el verano los volúmenes de biomasa disminuyeron en todas las estaciones, aunque se mantuvieron volúmenes moderados en las áreas costeras arriba mencionadas, así como en EBES (zona C) y Los Islotes (zona D) (Figs. 20c y 20d). En otoño el nivel de biomasa se incrementó de nuevo, observándose algunos picos en Punta Prieta (zona G) y San Juan de la Costa (zona D) (Figs. 20e y 20f). A principios de 2002, algunas áreas costeras y EBES mantuvieron volúmenes de biomasa elevados, sin embargo, en los meses siguientes, la biomasa disminuyó a niveles muy bajos en todas las estaciones, incluso en las áreas costeras (Figs. 21a-21f).

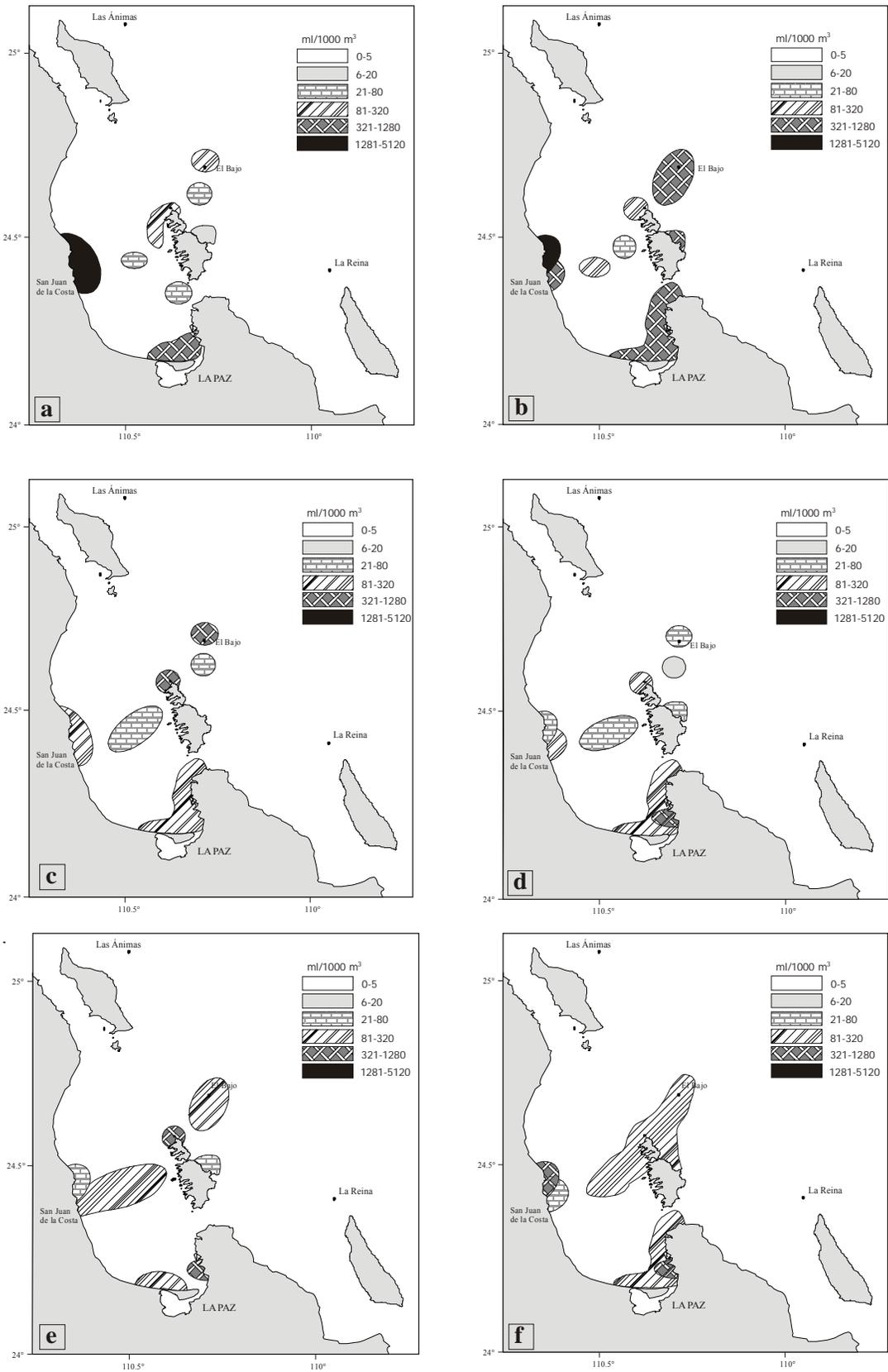


Figura 20 . Distribución de la biomasa zooplanctónica durante 2001: a) mayo, b) junio, c) agosto, d) septiembre, e) octubre, f) noviembre.

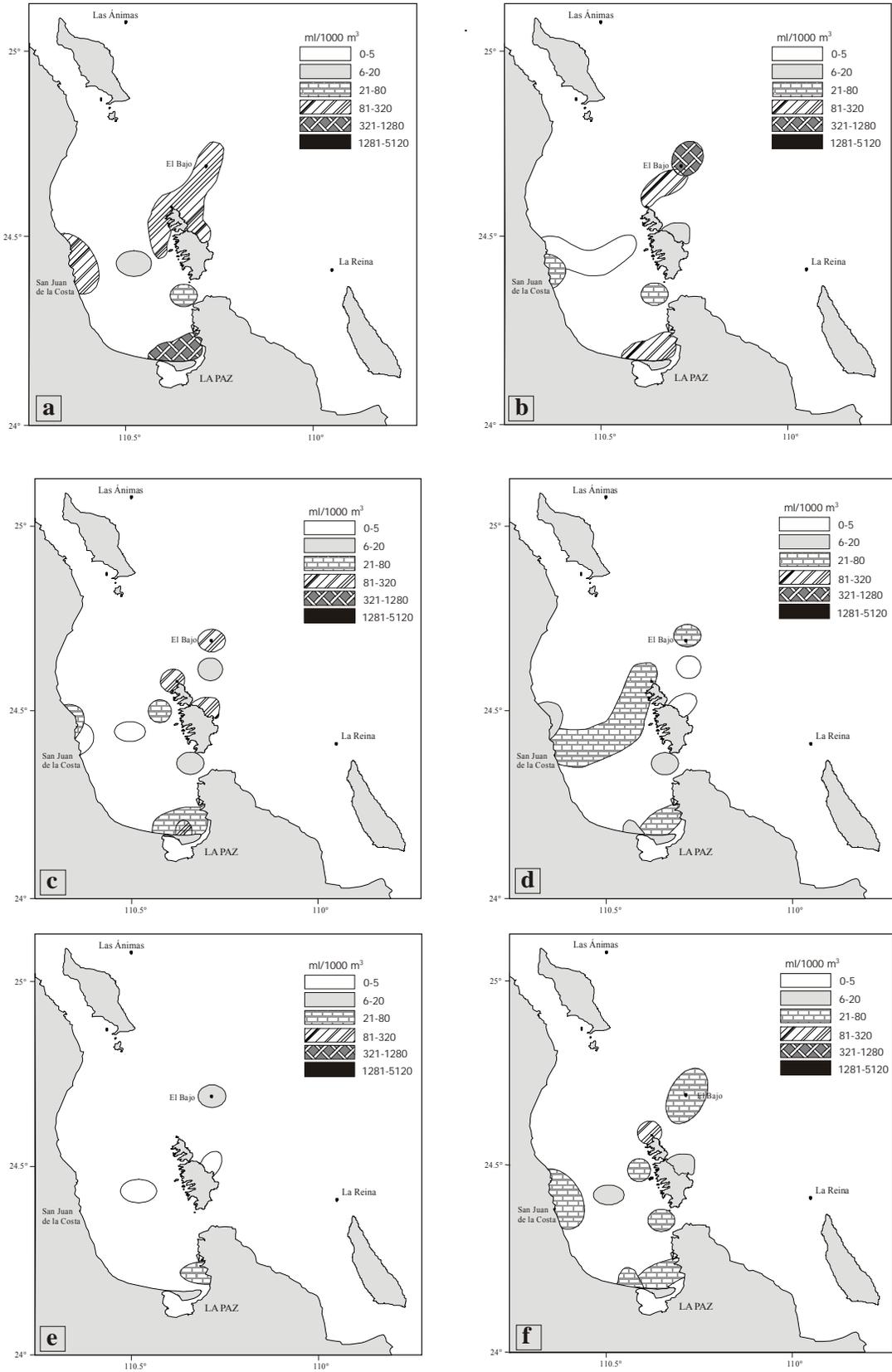


Figura 21. Distribución de la biomasa zooplanctónica durante 2002: a) febrero, b) marzo, c) abril, d) mayo, e) junio, f) julio.

8.3.3 Caracterización del hábitat de acuerdo a variables ambientales (Matriz 1)

En el ACP se utilizaron hasta 9 componentes (combinación de variables) para explicar el 97% de la variación; de dichos componentes, los tres primeros explican un poco más del 60% de la variación (64%).

En la rotación de factores (método Varimax) podemos ver maximizadas las diferencias y similitudes entre los grupos. Se utilizaron hasta 9 factores para explicar el 96.7% de la variación y los tres primeros factores explican el 63% (Tabla 2).

Tabla 2. Eigenvalores y porcentajes de la varianza explicada de cada factor

Factor	Eigenvalores	% varianza total	Eigenvalor acumulado	% varianza acumulado
1	14.38246	32.68741	14.38246	32.68741
2	7.29453	16.57847	21.67699	49.26588
3	6.14728	13.97110	27.82427	63.23697
4	4.12698	9.37950	31.95125	72.61647
5	3.25612	7.40027	35.20737	80.01674
6	2.74820	6.24591	37.95557	86.26265
7	1.85826	4.22333	39.81383	90.48598
8	1.45848	3.31473	41.27231	93.80071
9	1.21542	2.76231	42.48773	96.56302

En este análisis, el primer factor (caracterizado por el coeficiente de extinción (k) y la biomasa, Tabla 3) separa a las estaciones con influencia oceánica (círculo azul y violeta) de las de influencia costera (círculo verde y rojo) (Fig. 22a). El segundo factor (caracterizado por la TSM y la biomasa, Tabla 3) aísla a la estación II del resto de las costeras y a las estaciones III y IX del resto de las oceánicas. El tercer factor (caracterizado por la TSM y la SSM, Tabla 3) separa a las estaciones IV y V por un lado y a la estación VI por el otro; de las estaciones con influencia oceánica, aísla a la estación I de las estaciones insulares (X, XI y XII), y separa a la estación VII de la estación VIII (Fig. 22b). La similitud de la estación I (Saladito) con las estaciones insulares, puede deberse al hecho de que en realidad la estación I tiene mayor influencia oceánica que la estación II, por lo cual se diferencia de esta última.

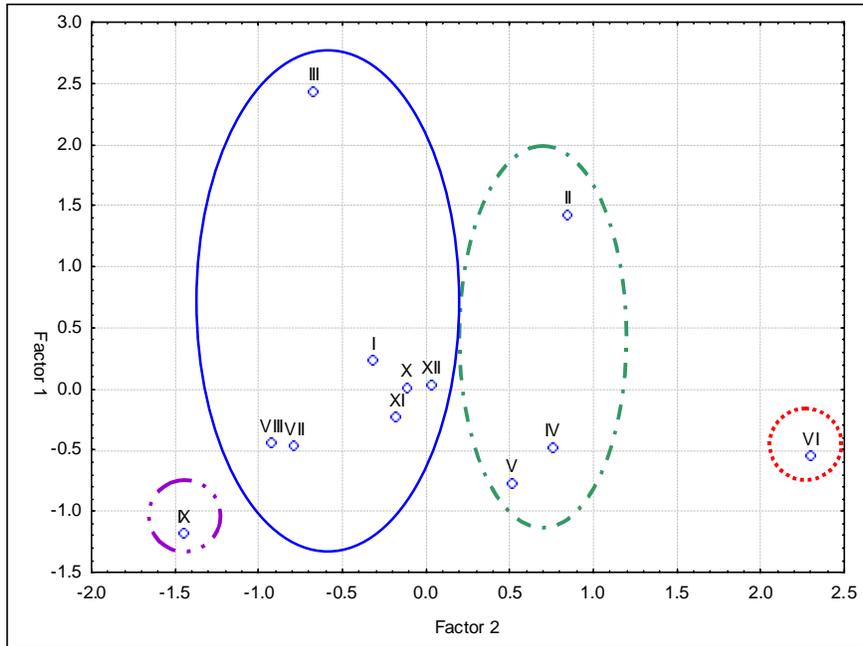


Figura 22a. Representación gráfica de las estaciones en dos dimensiones con los 2 primeros factores, utilizando como variables la temperatura, salinidad, coeficiente de extinción y biomasa zooplanctónica. Círculo rojo-línea punteada, círculo verde-línea intermitente, círculo azul-línea sólida, círculo violeta-línea intermitente doble.

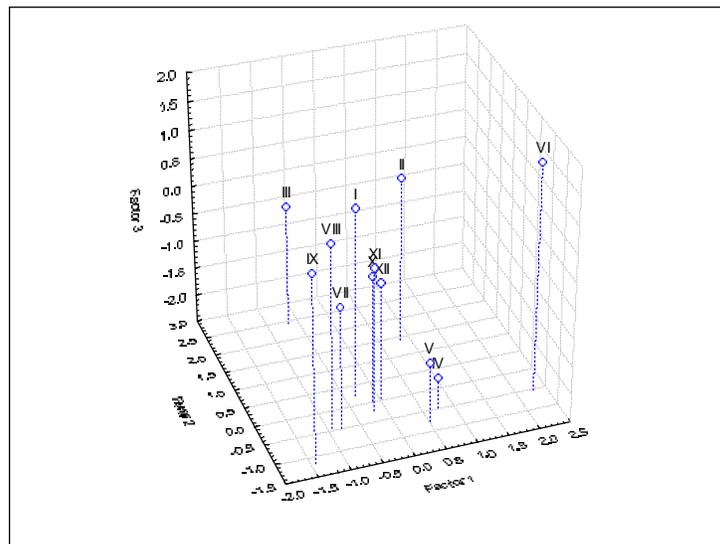


Figura 22b. Representación gráfica de las estaciones en el espacio con los 3 primeros factores, utilizando como variables la temperatura, salinidad, coeficiente de extinción y biomasa zooplanctónica

Tabla 3. Significación de la carga de los factores, utilizando el número estaciones de colecta en que la variable fue significativa (>0.7)

Factor	Variables	# estaciones c/carga significativa (>0.7)
1	k	8
	biomasa	4
	SSM	1
2	TSM	3
	biomasa	2
3	TSM	2
	SSM	2

8.3.4 Caracterización del hábitat de acuerdo a la estructura zooplanctónica (Matriz 2)

En el ACP se utilizaron hasta 11 componentes para explicar el 100% de la variación; los tres primeros componentes explican un 51%.

En el análisis PFA con rotación Varimax se usaron 11 factores para explicar el 100% de la variación y los primeros tres explican cerca de un 50% (47%, Tabla 4).

Tabla 4. Eigenvalores y porcentajes de la varianza explicada de cada factor

Factores	Eigenvalores	% varianza total	Eigenvalor acumulado	% varianza acumulado
1	60.71099	19.7756	60.71099	19.7756
2	44.06798	14.3544	104.778971	34.1299578
3	40.74896	13.2732767	145.52793	47.4032345
4	27.78266	9.04972644	173.31059	56.4529609
5	26.07461	8.49335955	199.385204	64.9463205
6	16.60855	5.40994977	215.99375	70.3562702
7	18.89269	6.15397115	234.886441	76.5102414
8	21.99190	7.16348375	256.878336	83.6737252
9	18.24539	5.9431233	275.123725	89.6168485
10	17.64467	5.74745044	292.768398	95.3642989
11	14.23160	4.63570149	307.000001	100

El primer factor (caracterizado por los decápodos, copépodos, cirripedios y otros, Tabla 5) aísla claramente a la estación VI del resto de las estaciones (Fig. 23a). El segundo factor (caracterizado por *Lucifer* -decápodo holoplanctónico-, larvas y juveniles de eufáusidos, y otros, Tabla 5) separa a la estación VII del resto (Fig. 24a). El tercer factor (caracterizado por los foronidos, gasterópodos y otros, Tabla 5), por su parte, aísla a la estación V (Fig. 23b). En términos generales, los tres primeros factores distinguen cuatro grupos perfectamente separados: i) estación VI, ii) estación VII, iii) estación V y iv) el resto de las estaciones. En este análisis la

mayoría de las estaciones se agrupan, excepto las estaciones V, VI y VII. De lo anterior se puede concluir que estas estaciones (Mogote, Punta Prieta y EBES; Fig. 23b) mostraron una estructura zooplanctónica particular durante todo el período de estudio, que las diferenció del resto. En estas localidades fue frecuente la aparición del tiburón ballena durante todo el período de estudio.

Tabla 5. Significación de la carga de los factores, utilizando el número estaciones de colecta en que la variable fue significativa (>0.7)

Factor	Variables	# estaciones c/carga significativa (>0.7)
1	Decápodos	7
	Copépodos	6
	Larvas de balanos	6
	Cladóceros	5
	Estomatópodos	4
2	<i>Lucifer</i> -decápodo	5
	Larvas de eufáusidos	4
	Juveniles de eufáusidos	3
	Heterópodos	3
	Quetognatos	3
3	Foronidos	5
	Gasterópodos	4
	Hidroides	3
	Equinodermos	3

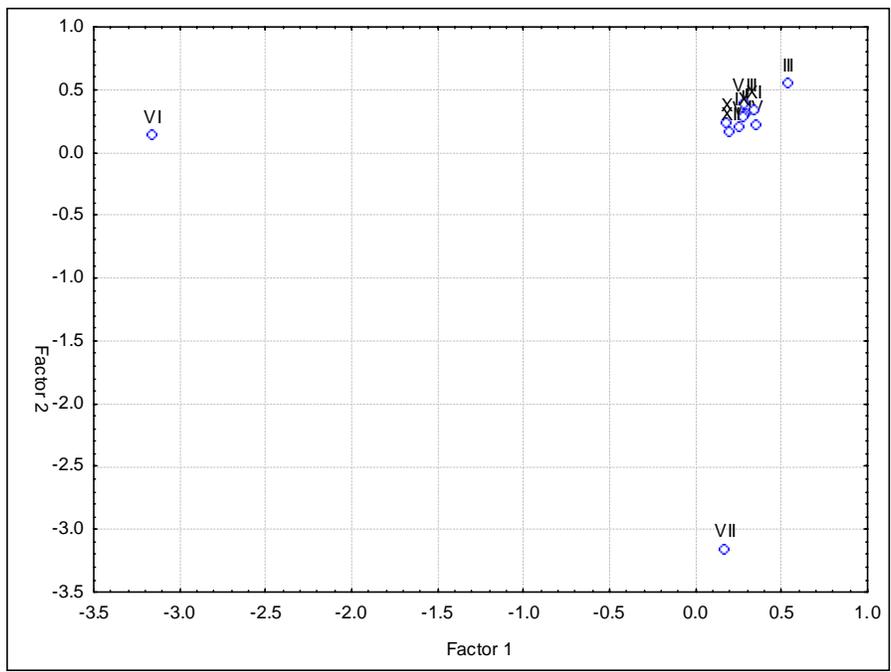


Figura 23a. Representación gráfica de las estaciones en dos dimensiones con los 2 primeros factores utilizando como variable a la estructura zooplanctónica

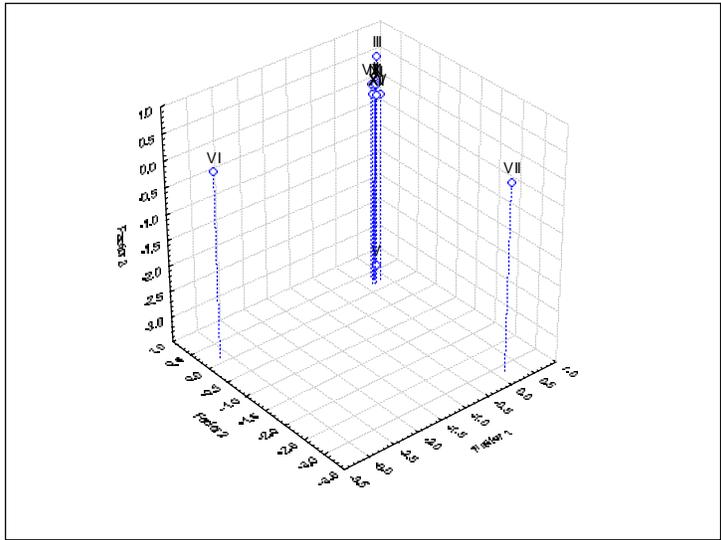


Figura 23b. Representación gráfica de las estaciones en el espacio con los 3 primeros factores utilizando como variable la estructura zooplanctónica

8.4. Comportamiento alimentario, biomasa y estructura zooplanctónica

8.4.1 Patrones de comportamiento

Con base en el trabajo de campo y con apoyo de las video-filmaciones de los tiburones realizadas durante el período de estudio se reconocieron los siguientes patrones de comportamiento: 1) no alimentación (en tránsito), 2) alimentación pasiva y 3) alimentación activa. A continuación se describe cada uno de ellos:

- No alimentación (en tránsito). En la mayoría de estos casos el tiburón se encontraba cerca de la superficie o nadando a poca profundidad (0.5-3 m), con la boca entreabierta (10-25% del ancho), moviéndose en línea recta o con cambio frecuente de rumbo, y realizando *ventilación-ram*. (Apéndice B: Figs. B1-B3)

- Alimentación pasiva bajo la superficie (*filtración-ram*). En este caso, el tiburón se movía en posición horizontal muy lentamente cerca de la superficie o a poca profundidad (<3 m) y en línea recta sin cambios bruscos de dirección. La boca permanecía medianamente abierta (50% del ancho), y en ocasiones completamente abierta (75% ancho), con las hendiduras branquiales abiertas (Apéndice B: Figs. B4-B5). Algunas veces se observó succión por períodos breves.

- Alimentación activa en superficie o sub-superficial por succión. Existen dos variantes:

- a) *Succión dinámica*- El tiburón se movía en posición horizontal a velocidad variable, en ocasiones a mayor velocidad que en la alimentación pasiva, abriendo y cerrando la boca y branquias de manera intermitente, bombeando agua hacia el interior de la boca, la cual se mantenía de mediana a totalmente abierta (50-75%). A veces la mandíbula superior rompía la superficie del agua manteniendo un espacio muy pequeño (de algunos centímetros) entre el borde inferior de la mandíbula superior y la superficie del agua, o a pocos centímetros debajo de ella (Apéndice B: Figs. B6-B7). Durante este tipo de alimentación se observó que el tiburón comenzaba a realizar *ventilación-ram* a medida que el parche zooplanctónico perdía densidad (*sensu* Clark & Nelson 1997). En ciertos momentos el tiburón parecía combinar la succión dinámica con la *filtración-ram*, o incluso disminuía la velocidad y realizaba *succión estacionaria* por períodos cortos.

- b) *Succión estacionaria*.- En esta otra variante, el tiburón se colocó en posición oblicua (ángulo 45° con la superficie) y moviéndose ligeramente hacia delante o en semicírculos, y en ocasiones, vertical (90° con la superficie) y girando en círculos sobre su propio eje, sin moverse hacia ninguna dirección (Apéndice B: Figs. B10-B13). La boca permanecía a escasos

centímetros de la superficie, o rompiendo la superficie y succionando agua por bombeo (Apéndice B: Figs. B10-B11). Al momento de la succión se observó la formación de un efecto Vortex cerca de la superficie (Fig. B11), creando así una corriente de agua hacia la boca que posiblemente le permitía atrapar una mayor cantidad de presas. Se ha sugerido que el tiburón engulle aire al momento de la succión, lo cual le puede proporcionar una mayor capacidad de flotación al mantener ciertos volúmenes de aire en el tracto digestivo (Clark y Nelson 1997).

8.4.2 Colectas con presencia de tiburón ballena

Durante 2001 y 2002 se realizaron un total de 17 arrastres de plancton en diferentes sitios con presencia de tiburón ballena:

- 4 arrastres en mayo/01.- 1 en EBES (estación VII) y 3 en bahía centro (cerca de estación III).
- 1 arrastre en junio/01.- Bahía centro (cerca de estación III).
- 1 arrastre en octubre/01.- EBES (estación VII).
- 4 arrastres en noviembre/01.- Punta Prieta (cerca de estación VI).
- 7 arrastres en noviembre/02.- Palmita (cerca de estación IV).

8.4.2.1 Biomasa zooplanctónica y comportamiento alimentario

- Comparaciones temporales (presencia y no presencia de tiburón ballena)

En las diferentes colectas se observaron los diferentes tipos de comportamiento del tiburón en torno a la alimentación (no alimentación, alimentación pasiva y alimentación activa). Durante mayo de 2001, se observó que los tiburones se alimentaron de manera pasiva cerca de la estación III (Bahía centro), pero con un nivel bajo de biomasa ($86.6 \text{ ml}/1000\text{m}^3$) si se compara con el resto de las colectas con presencia del tiburón. No obstante, dicho volumen fue muy similar a las colectas realizadas durante el comportamiento de no alimentación, especialmente en EBES en mayo (Fig. 24). Durante noviembre/01 (Punta Prieta) y noviembre/02 (Palmita) la alimentación fue activa cerca de las estaciones IV y VI, y se encontraron valores elevados de biomasa (1043 y $2139 \text{ ml}/1000\text{m}^3$, respectivamente), en contraste con el comportamiento de alimentación pasiva y con la no alimentación (Fig. 24). Al comparar los diferentes tipos de comportamiento, se encontraron diferencias significativas entre estos, particularmente entre la alimentación pasiva y la succión estacionaria (prueba Kruskal-Wallis; $0.05 > p > 0.01$, $H(3, N=15) = 9.908$).

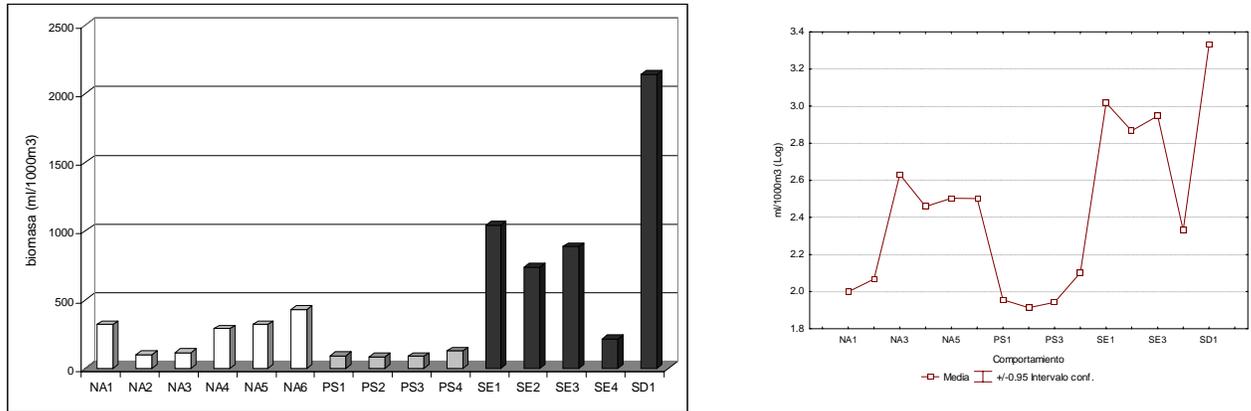


Figura 24. Biomasa zooplanctónica y comportamiento alimentario. NA = no alimentación, PS = alimentación pasiva, SE = succión estacionaria, SD = succión dinámica

Por otra parte, al comparar la misma estación de colecta entre presencia (no alimentación, alimentación pasiva, activa) y no presencia de tiburón ballena en diferentes épocas del año, se hallaron diferencias significativas entre la alimentación y la no presencia; por el contrario, no hubo diferencias significativas entre la no alimentación y la no presencia (Tabla 6). Esto quiere decir que el tiburón ballena suele alimentarse en niveles particulares de biomasa zooplanctónica encontrada únicamente durante algunos meses de primavera y otoño (Tabla 6). Por otra parte, cuando no se alimentó, el volumen de biomasa zooplanctónica fue similar a las épocas en que no hubo presencia del tiburón (verano, invierno).

Tabla 6. Comportamiento alimentario vs. no presencia (prueba para muestras pareadas de Wilcoxon).
Significancia: $p < 0.05$

Comparación	Estación	Z	p	Significancia
Alimentación pasiva (mayo01) vs. no presencia (agosto01)	III	2.023	0.043	✓
Alimentación pasiva (junio01) vs. no presencia (septiembre01)	III	2.023	0.043	✓
Alimentación activa (noviembre01) vs. no presencia (marzo02)	VI	2.023	0.043	✓
Alimentación activa (noviembre01) vs. no presencia (agosto01)	VI	2.023	0.043	✓
Alimentación activa (noviembre02) vs. no presencia (julio02)	IV	2.023	0.043	✓
No alimentación (mayo01) vs. no presencia (agosto01)	VII	0.534	0.593	-
No alimentación (octubre01) vs. no presencia (febrero02)	VII	0.534	0.593	-
No alimentación (noviembre02) vs. no presencia (julio02)	IV	0.534	0.593	-

- Comparaciones espaciales (presencia y no presencia de tiburón ballena)

Comparando las colectas en Punta Prieta (noviembre/01), donde tuvieron lugar eventos de alimentación (succión estacionaria), con la red de estaciones de colecta (I-XII), donde no hubo presencia de tiburón ballena, se encontraron diferencias significativas entre la primera estación y

el resto (Prueba U de Mann-Whitney; $0.05 > p > 0.01$, $U=0$). Es decir, los tiburones se ubicaron en zonas específicas de la Bahía de La Paz donde había volúmenes de biomasa particulares para alimentarse, mientras que en el resto de la zona no existieron niveles de biomasa lo suficientemente atractivos (Fig. 25).

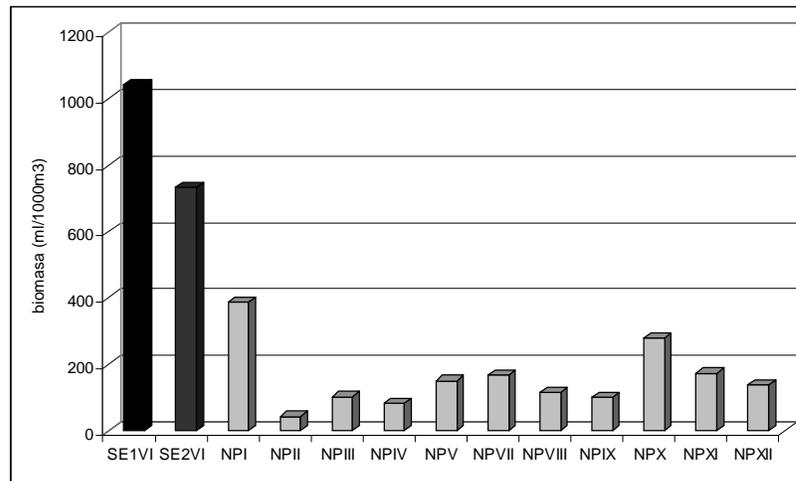


Figura 25. Presencia vs. no presencia de tiburón ballena. Comparación espacial de la biomasa zooplanctónica entre colectas de un mismo día (noviembre 2001). SE = succión estacionaria (estación VI), NP = no presencia (estaciones I-XII, excepto VI)

En la comparación entre los arrastres de cada transecto se observó lo siguiente:

- Mayo 2001: El transecto realizado fue de 200 m de largo con dos colectas (0 m- la más cercana al tiburón- y 200m). Se puede observar gráficamente una disminución de la biomasa del arrastre inicial (0m) al final (200m). Sin embargo, dicha diferencia es muy pequeña (2.5 ml) (Fig. 26a), por consiguiente, no se encontraron diferencias significativas (Prueba U de Mann-Whitney; $p > 0.10$, $U=1.5$).
- Noviembre 2001: El transecto realizado fue de 300 m de largo con cuatro colectas (0- cerca del tiburón-, 50- cerca del tiburón-, 200 y 300 m). En la gráfica se observa una gradual disminución de la biomasa del inicio (0 m) hasta el final (300 m). En las colectas 0 y 50 m hubo presencia de tiburones ballena alimentándose por succión estacionaria, mientras que en las colectas 200 y 300m no hubo presencia, lo cual se puede relacionar con el nivel de biomasa (Fig. 26b). No se encontraron diferencias significativas entre las

colectas (Kruskal-Wallis; $p > 0.10$, $H(3, N=4) = 3$). Aunque gráficamente se observaron sensibles diferencias, el reducido tamaño de muestra no permitió detectar significancia.

- Noviembre 2002a: El transecto realizado consistió de 4 km de largo con tres colectas (0- cerca del tiburón-, 100 y 4000 m- cerca del tiburón). Se puede apreciar en la gráfica una diferencia entre la biomasa inicial (0 m) y la final (4 km), en la primera el tiburón no estaba alimentándose y en la última la alimentación fue por succión dinámica. La diferencia entre la colecta inicial y la colecta a 100 m es muy poca (Fig. 26c), en ambos casos el tiburón no se alimentó. No hay diferencias significativas (Kruskal-Wallis; $p > 0.10$, $H(2, N=3) = 2$).
- Noviembre 2002b: Se llevó a cabo un transecto de 5 km de largo con 4 colectas (0- cerca del tiburón-, 800- cerca del tiburón-, 3000 y 5000 m). En la gráfica, se observan dos picos de biomasa: colectas 800 y 5000 m. En las colectas 0 y 800 m se hallaron tiburones alimentándose por succión estacionaria (Fig. 26d). Tampoco hay diferencias significativas (Kruskal-Wallis; $p > 0.10$, $H(3, N=4) = 3$).

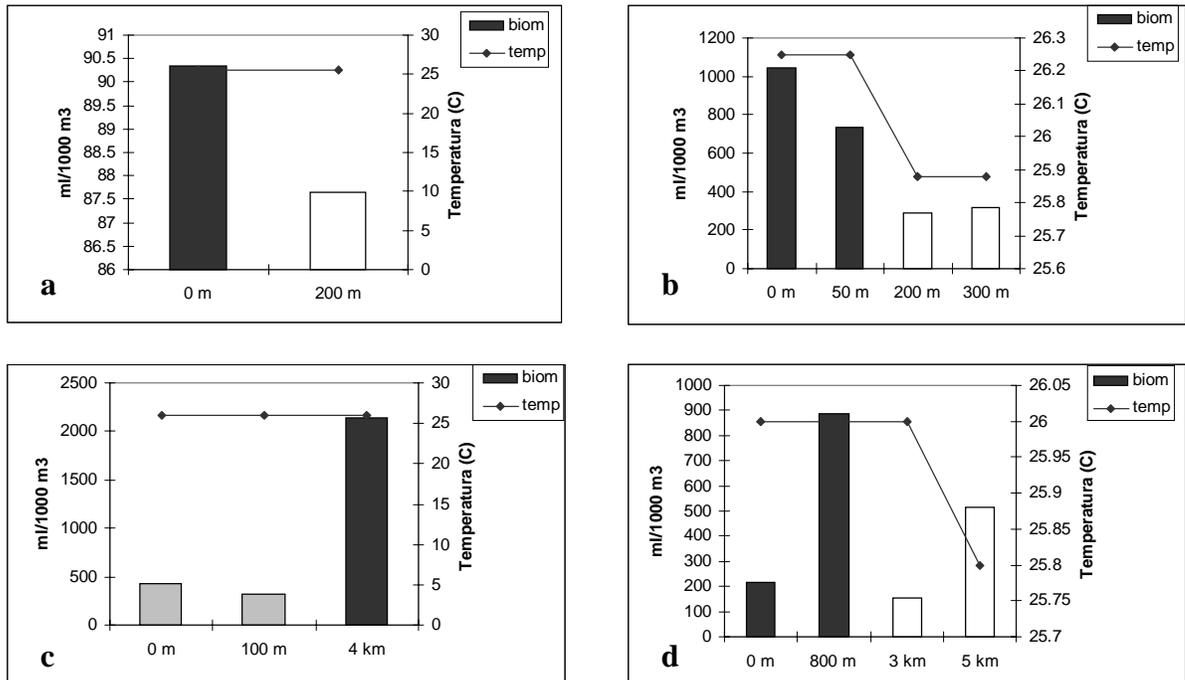


Figura 26. Biomasa zooplanctónica y TSM a lo largo de transectos a) mayo 01, b) noviembre 01, c) noviembre 02a, d) noviembre 02b. Barra negra = tiburón ballena alimentándose, barra blanca = tiburón ballena alejado, barra gris = tiburón ballena sin alimentarse.

8.4.2.2 Estructura zooplanctónica y comportamiento alimentario

- Comparaciones temporales (presencia y no presencia de tiburón ballena)

Se contrastaron las colectas de diferentes épocas del año con presencia de tiburón ballena (alimentándose y no alimentándose) y algunas sin presencia (Tabla 7) con el análisis multivariado de factores (ver secc. 7.3.3.1). Se usaron hasta 9 factores para explicar el 93% de la variación y los tres primeros factores explican un 50% (Tabla 8). El primer factor (caracterizado por sifonóforos, larvas de eufáusidos y otros, Tabla 9) separa a las colectas PS1, PS2 y PS3 (alimentación pasiva) por un lado, y a las colectas NP3 (no presencia), SE1 (succión estacionaria), SD1 (succión dinámica) y NA1 (no alimentación) por el otro (Fig. 27a). El segundo factor (caracterizado por protozoos, salpas y cladóceros, Tabla 9) separa a las colectas NP1, NP2, NP4 y NA2, a las colectas SE2 y SE3, y a la colecta NA3 (Fig. 27a). El tercer factor (caracterizado por poliquetos y pterópodos, Tabla 9), aísla a las colectas SD1 y SE2 (28a y b). De acuerdo a este análisis podemos distinguir varios grupos: 1) colectas con alimentación pasiva (círculo azul) 2) colectas con succión estacionaria (excepto SE1) (círculo rojo), 3) colecta con succión dinámica (círculo amarillo), 4) colectas de no alimentación (excepto NA2) (círculo café), 5) colectas SE1 y NP3 (círculo negro) y 4) colectas de no presencia y NA2 (círculo gris) (Fig.27b). Es claro que los tipos principales de alimentación (PS, SE y SD) se asocian con estructuras zooplanctónicas particulares observadas en meses específicos de primavera y otoño, mientras que la no presencia se asocia a estructuras zooplanctónicas particulares observadas sólo en verano. La no alimentación, por su parte, se asocia a estructuras observadas durante primavera y otoño. Esto último quiere decir que en meses del año en que se observaron tiburones alimentándose, algunos de ellos se encontraron incluso en zonas donde la estructura zooplanctónica fue poco atractiva para la alimentación. Finalmente, la similitud entre SE1 y NP3 significa que la misma zona (estación VI) tanto en otoño como en invierno presenta una estructura zooplanctónica atractiva para el tiburón, pero que otros factores (e.g. TSM y biomasa) intervienen para que en invierno las condiciones no sean lo suficientemente óptimas para *R. typus*.

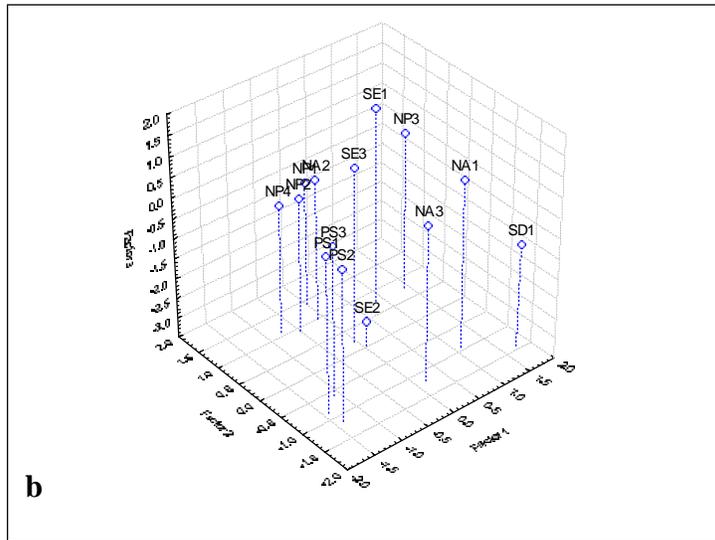
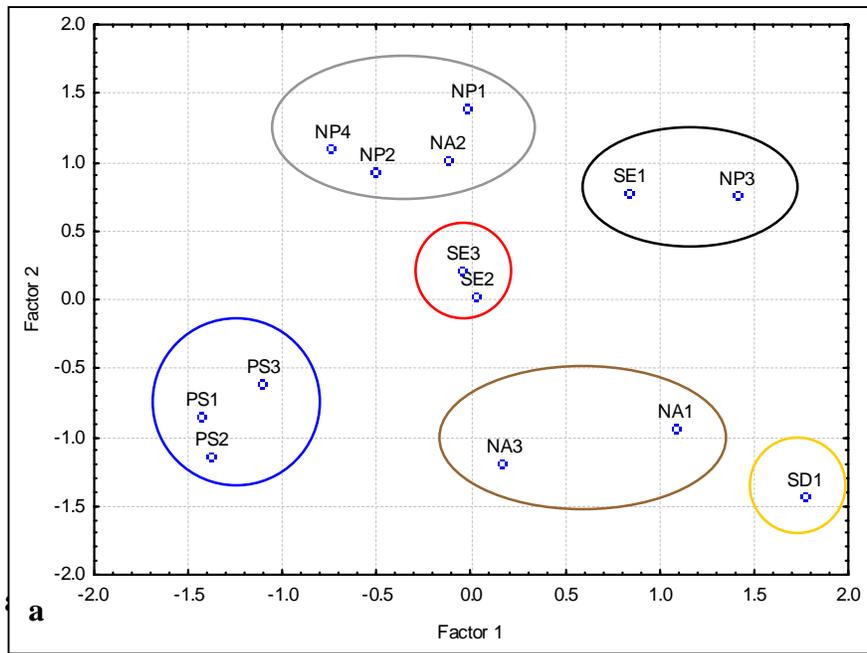


Figura 27. Comparación temporal de la estructura zooplanctónica entre colectas con presencia y no presencia de tiburón ballena. Representación gráfica de las colectas en a) dos dimensiones (2 factores) y en b) tres dimensiones (3 factores)

Tabla 7. Colectas con presencia (alimentación y no alimentación) y no presencia contrastadas en el análisis de factores.

Clave	Comportamiento	Mes/año	Estación
PS1	alimentación pasiva	Mayo 2001	III
PS2	alimentación pasiva	Mayo 2001	III
PS3	alimentación pasiva	Junio 2001	III
SE1	succión estacionaria	Noviembre 2001	VI
SE2	succión estacionaria	Noviembre 2001	VI
SE3	succión estacionaria	Noviembre 2002	IV
SD1	succión dinámica	Noviembre 2002	IV
NA1	no alimentación	Noviembre 2002	IV
NA2	no alimentación	Mayo 2001	VII
NA3	no alimentación	Octubre 2001	VII
NP1	no presencia	Agosto 2001	III
NP2	no presencia	Septiembre 2001	III
NP3	no presencia	Febrero 2002	VI
NP4	no presencia	Julio 2002	IV

Tabla 8. Eigenvalores y porcentajes de la varianza explicada de cada factor

Factores	Eigenvalores	% varianza total	Eigenvalor acumulado	% varianza acumulado
1	5.465722	18.84732	5.46572	18.84732
2	5.265874	18.15819	10.73160	37.00550
3	3.703616	12.77109	14.43521	49.77659
4	3.571995	12.31722	18.00721	62.09382
5	2.440144	8.41429	20.44735	70.50810
6	2.206277	7.60785	22.65363	78.11595
7	1.821457	6.28089	24.47508	84.39684
8	1.329882	4.58580	25.80497	88.98264
9	1.080592	3.72618	26.88556	92.70882

Tabla 9. Significación de la carga de los factores. Variable significativa (>0.7)

Factor	Variables	Carga	Significancia
1	Sifonóforos	-0.827120	<input checked="" type="checkbox"/>
	Quetognatos	0.824878	
	Larvas de eufáusidos	-0.708153	
	Copépodos	0.822785	
	Huevos no identificados	0.819153	
2	Protozoos	0.723508	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cladóceros	0.869684	
	Salpas	0.922003	
3	Poliquetos	0.893783	<input checked="" type="checkbox"/>
	Pterópodos	-0.803579	

- Comparaciones espaciales (presencia y no presencia de tiburón ballena)

Se encontró una diferencia importante al comparar las colectas de un mismo día entre la alimentación activa, SE1 y SE2 (succión estacionaria), y la red de estaciones de la zona de estudio. El análisis de factores utilizó hasta 7 factores para explicar el 92% de la variación (Tabla 10). En términos generales, los tres primeros factores (66% de la varianza explicada) separan claramente a las colectas S1 y S2 (succión estacionaria de noviembre/01-estación VI) del resto de colectas NP (no presencia en noviembre/01-estaciones I, II, III, IV, V, VII, VIII, IX, X, XI, XII) (Fig. 28). En la Tabla 11 se indican los grupos zooplanctónicos que definen a cada factor.

Tabla 10 . Eigenvalores y porcentajes de la varianza explicada de cada factor

Factores	Eigenvalores	% varianza total	Eigenvalor acumulado	% varianza acumulado
1	10.17617	36.34348	10.17617	36.34348
2	4.98938	17.81921	15.16555	54.16269
3	3.35488	11.98172	18.52043	66.14441
4	2.42063	8.64509	20.94106	74.78950
5	1.99674	7.13122	22.93780	81.92072
6	1.74990	6.24965	24.68770	88.17036
7	1.21276	4.33127	25.90046	92.50164

Tabla 11. Significación de la carga de los factores. Variable significativa (>0.7)

Factor	Variables	Carga	Significancia
1	Briozoarios	0.996535	<input checked="" type="checkbox"/>
	Hidroides	0.997561	
	Quetognatos	0.996490	
	Poliquetos	0.996605	
	Larvas de balanos	0.830855	
	Cladoceros	0.998204	
	Copépodos	0.965684	
	Decápodos	0.779113	
	Larvas de peces	0.987389	
2	Ostrácodos	-0.987465	<input checked="" type="checkbox"/>
	Larvaceos	-0.819892	
	Pterópodos	-0.988292	
	Huevos peces	-0.901476	
3	Larvas de eufáusidos	-0.911571	<input checked="" type="checkbox"/>
	Juveniles de eufáusidos	-0.974490	
	Anfípodos	-0.852511	

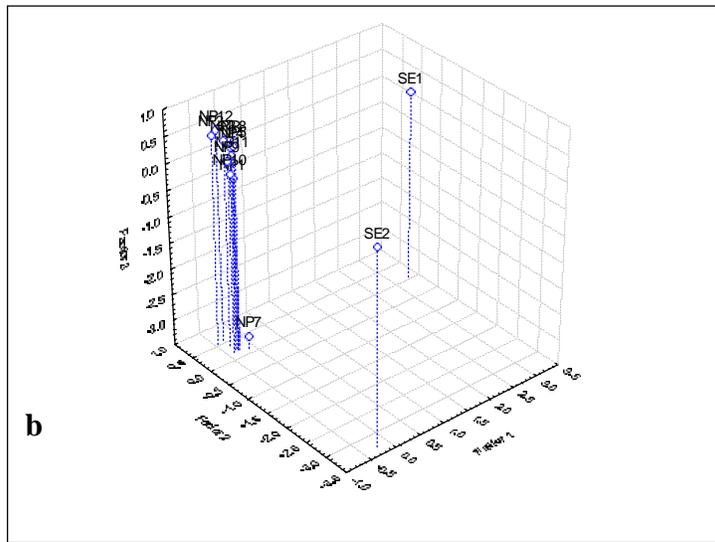
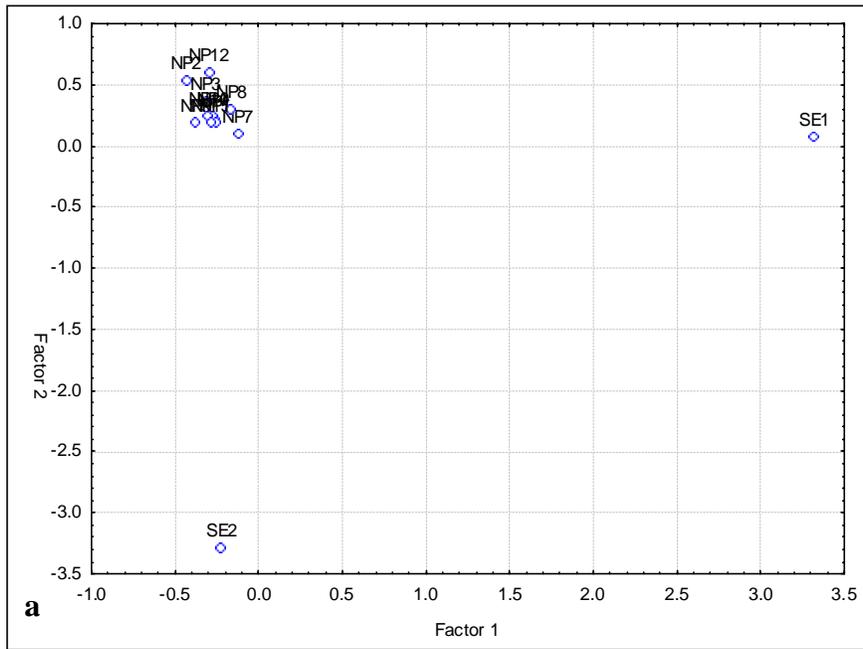


Figura 28. Comparación espacial de la estructura zooplanctónica entre colectas con presencia y no presencia de tiburón ballena. Representación gráfica de las colectas en a) dos dimensiones (2 factores) y en b) tres dimensiones (3 factores)

Comparando los arrastres de cada transecto (mismos que en el análisis de biomasa) se observó lo siguiente:

- Mayo 2001: transecto de 200 m con 2 colectas. Se observa gráficamente una diferencia notable entre los dos arrastres (Fig. 29a): Arrastre 0 m (PS1, tiburón alimentándose a pocos metros) y arrastre 200 m (tiburón alejado).
- Noviembre 2001: transecto de 300 m con 4 colectas. Se observó un cambio gradual en la estructura de los arrastres: Arrastre 0 m (SE1, tiburón alimentándose a pocos metros), arrastre 50 m (SE2, tiburón alimentándose a pocos metros), arrastre 200 m (tiburón alejado), y arrastre 300 m (tiburón alejado)(Fig. 29b). En este transecto se observan gráficamente diferencias estructurales importantes entre los arrastres 0-50 y el resto, especialmente entre el primer arrastre (SE1, succión estacionaria) y el último (arrastre más alejado del tiburón). En el arrastre 0 m (SE1) se encontraron dos tiburones comiendo a muy poca distancia entre ellos (3-5 m), lo que significa que en dicho arrastre la estructura zooplanctónica fue particularmente atractiva para estos tiburones (Fig. 29b).
- Noviembre 2002a: Transecto de 4 km de largo con tres colectas. Se observaron diferencias importantes entre los arrastres inicial (0 m) y final (4000 m) (Fig. 30a). Arrastres: 0 m (NA1, tiburón no alimentándose a pocos metros), 100 m (tiburón cerca) y 4000 m (SD1, tiburón alimentándose a pocos metros). En general, se observan diferencias estructurales considerables entre los tres arrastres, incluso entre 0 y 100 m, a pesar de la corta distancia entre estos.
- Noviembre 2002b. Transecto de 5 km de longitud con cuatro colectas. Se observa gráficamente que hay diferencias entre todos los arrastres: Arrastre 0 m (SE3, tiburón comiendo a pocos metros), arrastre 800 m (SE, tiburón comiendo a pocos metros), arrastre 3000 m (tiburón alejado), y arrastre 5000 m (tiburón muy alejado) (Fig. 30b). En especial, el arrastre 5000 m se diferencia del resto, lo cual es de esperarse dada la gran distancia entre éste y el resto de los arrastres. Los tiburones encontrados a 0 y 800 m comían por succión estacionaria en parches con estructuras zooplanctónicas diferentes, y por otro lado, la similitud en estructura entre 0 y 3000 m habla de dos parches semejantes

en composición zooplanctónica, a pesar de que en uno de ellos no hubo presencia de tiburón ballena.

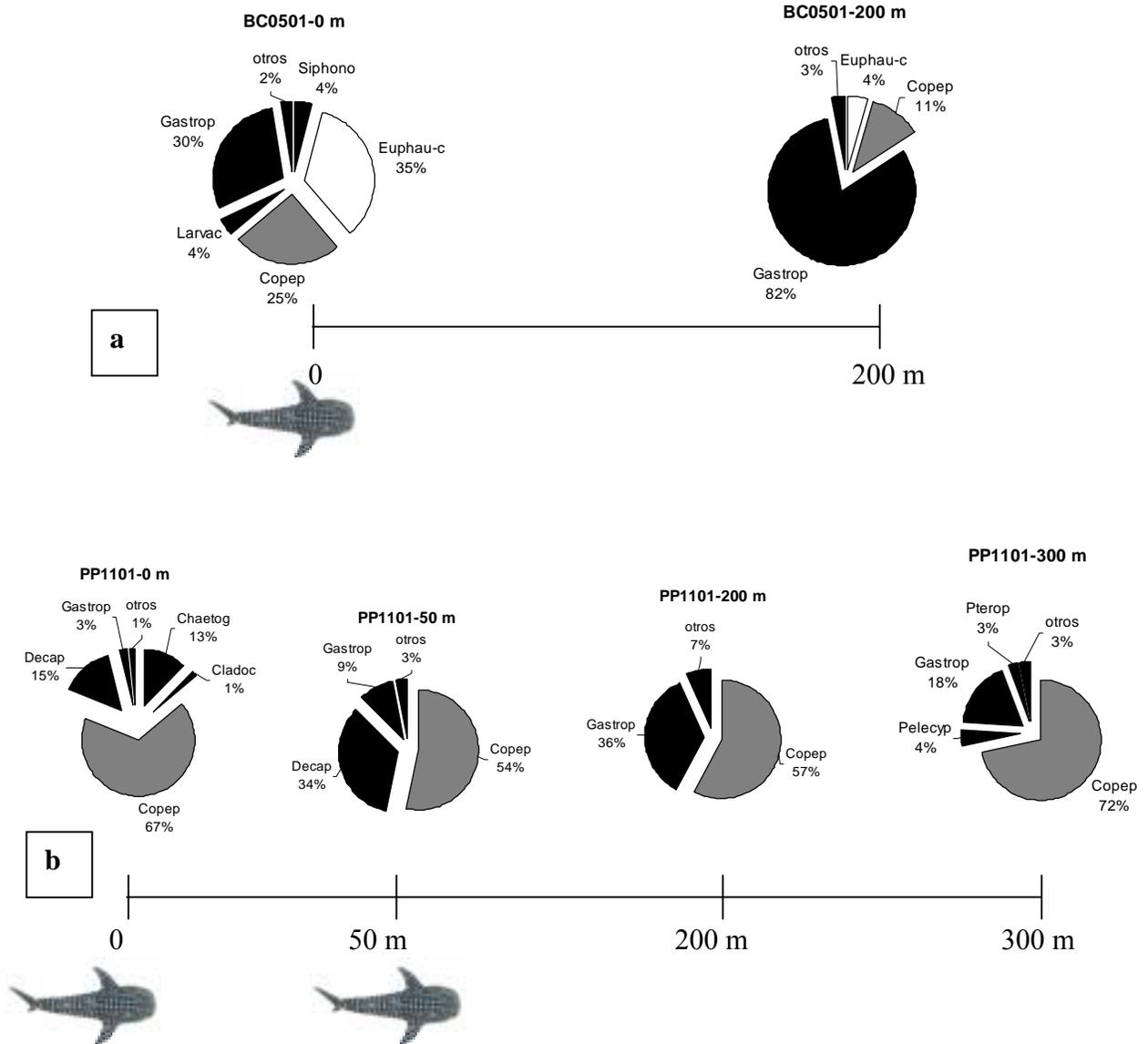


Figura 29. Estructura zooplanctónica a lo largo de transectos a) mayo 2001, b) noviembre 2001

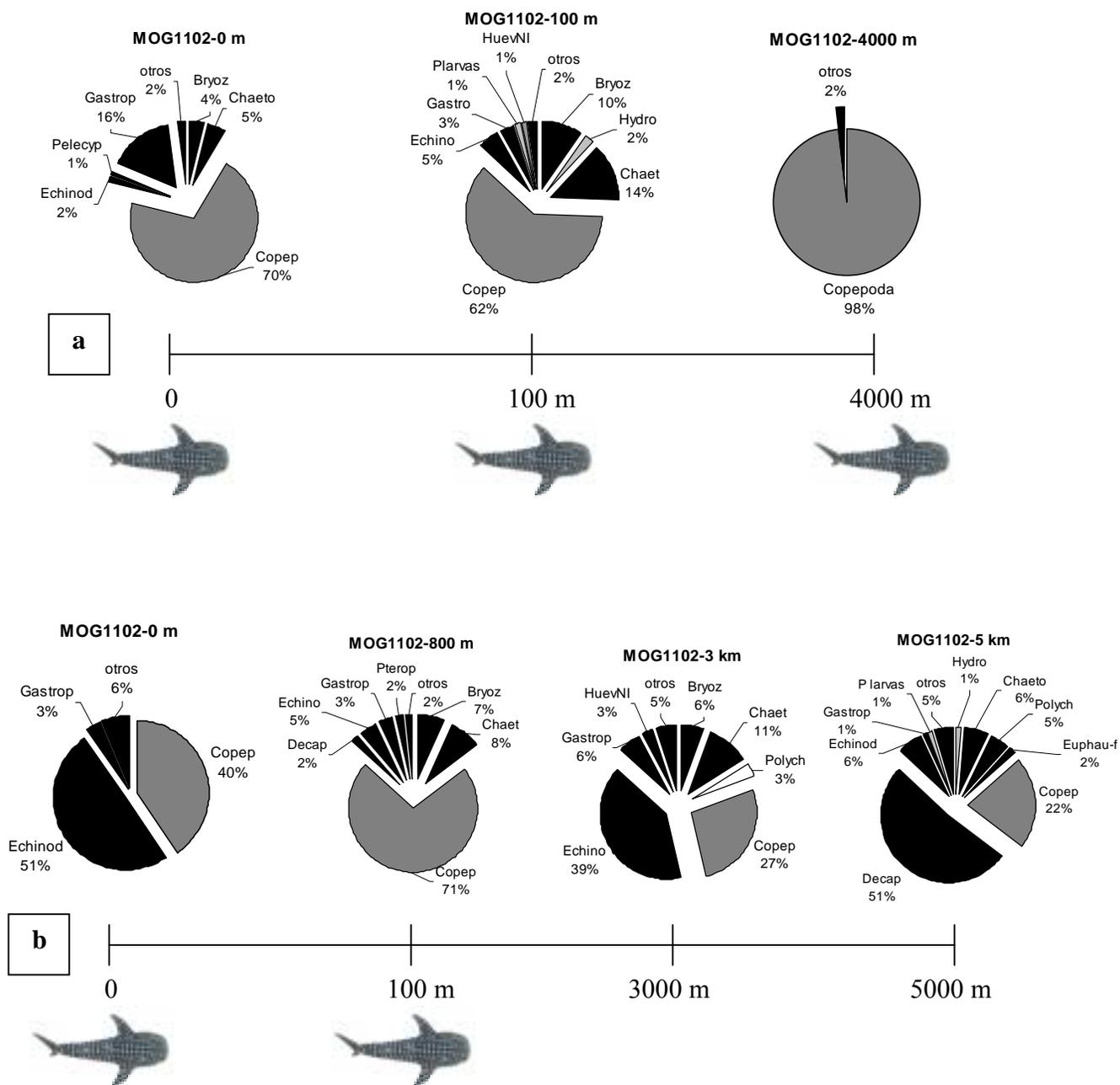


Figura 30. Estructura zooplanctónica a lo largo de transectos transectos a) noviembre 2002a, b) noviembre 2002b

9. Discusión

9.1 Distribución y abundancia

Temporalidad estacional e interanual: preferencias ambientales y segregación

Considerando las evidentes variaciones interanuales de *R. typus* (ver más abajo), es difícil generalizar en cuanto a los patrones temporales de abundancia de esta especie. Pese a lo anterior, los resultados aquí expuestos indican que existen dos temporadas bien definidas de presencia de tiburón ballena en la zona de estudio: finales de primavera (mayo-junio) y finales de verano-otoño (septiembre-noviembre), con períodos de baja abundancia en verano y nula abundancia en invierno. Esto confirma los reportes de pescadores y buzos, así como los pocos registros históricos y formales; estos últimos reportaban al tiburón ballena en los meses de mayo, junio, agosto y septiembre (Wolfson 1987), y en los meses de mayo, junio, octubre y noviembre (Clark y Nelson 1997), aunque en estos trabajos no se indica el nivel de abundancia ni la composición de adultos y juveniles para cada mes. Esto es relevante, ya que en otras partes del mundo donde se registran agregaciones de tiburón ballena se tiene, generalmente, una sola temporada de avistamientos al año, excepto en las islas Seychelles (Océano Índico) donde son avistados también en dos períodos: julio-agosto y noviembre-diciembre (Colman 1997; Compagno 2001; Wilson et al. 2001).

La variación estacional de la presencia de *R. typus* coincide con los marcados cambios oceanográficos estacionales que suceden en la porción sur y a lo largo del Golfo (Brinton et al. 1986). Dicho dinamismo se puede ver reflejado en la variación estacional de la biomasa zooplanctónica. La variabilidad estacional en cuanto al enriquecimiento de las capas superficiales de la Bahía de La Paz probablemente tiene efectos importantes sobre la productividad secundaria a lo largo de un año, la cual es generalmente alta durante invierno y primavera, baja en verano, y moderada-alta en otoño (De Silva 1997; González-Navarro y Saldierna-Martínez 1997; presente estudio; Fig. 19). La presencia de tiburón ballena se asocia a los picos de biomasa zooplanctónica observados durante primavera y otoño en la Bahía de La Paz.

Por otro lado, la abundancia de *R. typus* mostró una marcada variación interanual, particularmente para 1998 (ENSO), 1999, 2000 y 2001 (La Niña). El año de 1998 fue excepcional ya que la abundancia fue alta en primavera (9 tb/100 mn), baja en verano (1.8 tb/100 mn) y muy alta en otoño (>20 tb/100 mn) (Figs. 8d y 9d). Algo similar sucedió en 1999, aunque en este año las condiciones fueron muy distintas (pag. 77). En ambos años se observaron agregaciones importantes de tiburones juveniles, particularmente en primavera y otoño. En cambio, durante 2000 y 2001 se observaron agregaciones importantes de tiburones adultos en primavera (pag. 65) y algunos juveniles sólo en otoño. Esta variabilidad interanual implica una clara segregación temporal por edad lo cual tiene que ver con el tipo de condiciones ambientales preferentes para cada edad (juvenil o adulto). Por tanto, la fluctuación interanual de la abundancia por edad del tiburón ballena está evidentemente relacionada con los cambios interanuales de las condiciones hidrográficas en la bahía y, por ende, del Golfo de California, dada la influencia de este último sobre la bahía (Signoret y Santoyo 1980; Jiménez-Illescas et al. 1994).

Los tiburones adultos mostraron una evidente preferencia por los meses de finales de primavera. En dicha temporada se inicia la transición de condiciones de mezcla a un calentamiento de las aguas superficiales, desarrollándose una fuerte termoclina en el Golfo de California (Thunnel et al. 1996), y se observan volúmenes elevados de biomasa zooplanctónica en la Bahía de La Paz (González-Navarro y Saldierna-Martínez 1997). En términos generales, la presencia del tiburón adulto se asocia claramente a dichos volúmenes de zooplancton, sin embargo, los tiburones adultos observados a finales de mayo de 2001 estuvieron asociados a parches de baja densidad, a pesar de los elevados volúmenes en otras partes de la bahía. Al parecer, estos tiburones y otros observados durante el período de estudio, mostraron más una preferencia por ciertos rasgos oceanográficos y/o una estructura zooplanctónica particular que por un volumen alto de zooplancton. Esto último se puede comprobar por la regular presencia de tiburones adultos a finales de primavera asociados a i) la termoclina (pag. 65), ii) zonas de frentes térmicos (pags. 74-75) y iii) parches zooplanctónicos particulares (pag. 70).

Durante el otoño se observó la máxima abundancia de tiburón ballena, principalmente juveniles, para todo el período de estudio. A finales de otoño se inicia una transición con un enfriamiento gradual y rompimiento de la termoclina (Thunnel et al. 1996). Contrariamente a lo observado en primavera para los adultos, los tiburones juveniles siempre estuvieron asociados a parches zooplanctónicos de elevada densidad en la parte sur de la bahía, mientras que en el resto de la zona los avistamientos fueron esporádicos y los volúmenes zooplanctónicos de bajos a moderados. Por tanto, la mayoría de los tiburones juveniles mostraron una preferencia por i) biomasa elevada (pags. 68-69), ii) estructura zooplanctónica particular (pag. 70), y iii) condiciones hidrógráficas específicas que promueven dichos volúmenes y estructuras pláncicas (pag. 75).

Variabilidad espacial: preferencias ambientales, segregación y utilización del hábitat

Los ambientes definidos en el presente estudio (costero y oceánico) coinciden en cierta medida con la regionalización de la bahía propuesta por Cruz-Orozco et al. (1996) y Reyes-Salinas (1999). Sin embargo, de acuerdo a las variables hidrográficas y biológicas aquí analizadas, las zonas costera y oceánica se pueden subdividir. Esto último, coincide en algunos aspectos con la división de la bahía en diferentes cuerpos de agua sugerido por Murillo (1987). Así, el ambiente costero se subdivide en cuatro zonas: 1) *Saladito*, 2) *San Juan de la Costa*, 3) *sur* (Palmita-Mogote) y 4) *sureste* (Punta Prieta) (Fig. 31). El ambiente oceánico, por su parte, se subdivide en cinco zonas: A) *Bahía centro*, B) *insular* (Islotes, Ballena y Canal San Lorenzo), C) *paredones de Espiritu Santo*, D) *cuenca de EBES* y E) *EBES* (Fig. 31).

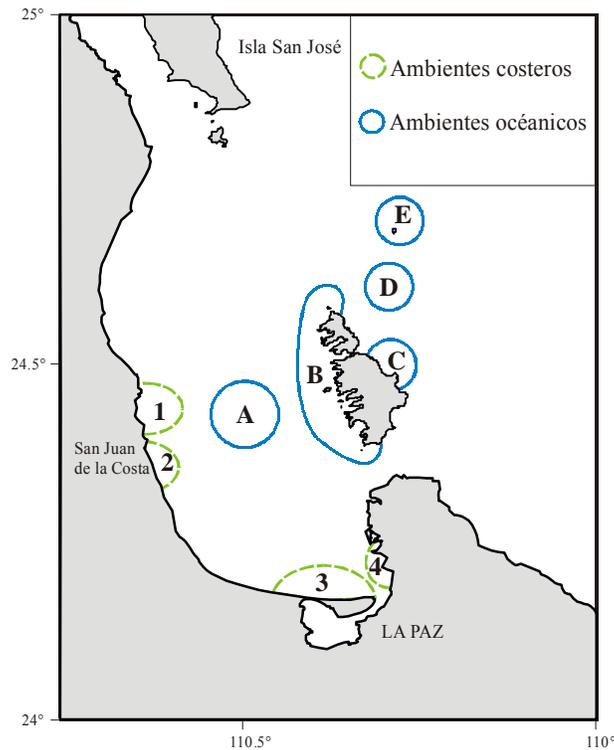


Figura 31. Subdivisión de los ambientes costeros y oceánicos. 1: Saladito, 2: San Juan de la Costa, 3: zona sur, 4: zona sureste; A: bahía centro, B: insular, C: Paredones, D: cuenca de EBES, E: EBES

En las zonas *sur* y *sureste* (Palmita-Mogote y Punta Prieta) de la bahía tuvo lugar la mayor abundancia de tiburón ballena, particularmente de juveniles durante 1998 y 1999 (densidad: ~ 4 tiburones/ km^2). Dicha densidad es similar a la reportada para el arrecife Ningaloo en Australia (4 tiburones/ km^2 ; Taylor 1996), pero mucho menor a la densidad reportada para Gladden spit en Belice (4.1 tiburones/ha; Heyman et al. 2001). La preferencia de un gran número de individuos juveniles por las zonas *sur* y *sureste* constituye una fuerte evidencia de una estrategia de segregación espacial por talla/edad de la especie, probablemente, por motivos intrínsecos de esta clase de edad, cuyas preferencias ambientales y necesidades alimentarias son específicas, por lo que es claro que en dichas zonas encuentran el ambiente y alimento óptimo. Por otro lado, la abundancia de tiburones juveniles en las zonas *saladito* y *San Juan de la Costa* fue menor y no en todos los años estudiados se presentaron agregaciones. Es importante mencionar que en estas zonas fue más frecuente la ocurrencia de tiburones ballena adultos que en las zonas *sur* y *sureste*. Esto último puede explicar la similitud, en términos de estructura zooplanctónica, entre estas

zonas con aquellas de influencia oceánica, y de la asociación entre el *saladito* con las zonas *insulares* en cuanto a condiciones ambientales. Esto es, es posible que estas zonas atraigan a algunos tiburones adultos dadas sus condiciones ambientales y estructura zooplanctónica similar a la de la porción oceánica e insular de la bahía.

Las particularidades ambientales (TSM, SSM y k) de la zona *sur* (Palmita-Mogote) tienen que ver con su cercana ubicación a la porción más delgada de la barra arenosa El Mogote, que es un punto de convergencia de corrientes en la porción sur de la bahía (Jiménez-Illescas et al. 1997), lo cual a su vez promueve una intensa producción secundaria durante gran parte del año (obs. pers.); en ciertas temporadas, especialmente en otoño, se presenta una densidad y estructura de grupos zooplanctónicos lo suficientemente atractivos para los tiburones juveniles. Dichas características del zooplancton ya habían sido registradas en la misma zona por otros autores, particularmente en la Punta de El Mogote (Palomares-García 1996; Signoret y Santoyo 1980), quienes mencionan una estructura compuesta principalmente por copépodos. Asimismo, en la zona *sureste* se encontraron condiciones ambientales y composición zooplanctónica específicos, hecho también observado por otros autores (Signoret y Santoyo 1980), donde los procesos generadores de la constante e intensa producción secundaria son las fuertes corrientes de marea (~0.5 m/s; Félix-Pico 1976), factor que dicta la dinámica del lugar (Obeso-Nieblas et al. 2002) y el consiguiente aporte de nutrientes provenientes de la Ensenada de La Paz. Además, su particular topografía y temperaturas más elevadas con respecto al resto de la bahía (Signoret y Santoyo 1980) pueden tener una influencia marcada en la composición zooplanctónica.

En términos más amplios, la preferencia de los juveniles por el hábitat costero, especialmente las zonas *sur* y *sureste*, constituye una evidencia de que estas zonas son utilizadas por el tiburón ballena como área de *crianza secundaria* (*sensu* Bass 1978) debido a la existencia de i) condiciones hidrográficas específicas (TSM elevada y SSM intermedia; Tabla 12), ii) abundante alimento óptimo (copépodos; pag. 70) y iii) protección de depredadores. Respecto a esto último, la preferencia por las zonas costeras *sur* y *sureste* puede ser evidencia de su utilización como un área de *crianza protegida* (*sensu* Springer 1967; Branstetter 1991). Según Branstetter (1991) las especies que utilizan las áreas de crianza protegidas producen crías de lenta tasa de crecimiento, aunque en el caso del tiburón ballena se considera que tiene un crecimiento inicial acelerado, tal

vez uno de los más rápidos, que disminuye a medida que se alcanza la madurez (Compagno 2001). A pesar de lo anterior, el tiburón ballena sí cumple con los otros requisitos para áreas de crianza protegidas: producción de crías pequeñas (58-64 cm, Joung et al. 1996) y baja frecuencia de adultos en la zona.

En el ambiente costero, los tiburones machos juveniles fueron generalmente más abundantes (1.5 macho:1 hembra). La mayor proporción de machos en la zona costera es algo que se ha observado en otras partes del mundo como en el arrecife Ningaloo, Australia occidental (Taylor 1994; Wilson et al. 2001) y en Belice (www.defra.gov.uk), donde la mayoría de los tiburones avistados son machos juveniles, y al parecer, lo mismo ocurre en la costa occidental de la India (Hanfee 2001). En la Bahía de La Paz, ya se había registrado con anterioridad una mayor proporción de machos (2 macho:1 hembra) durante la observación de una agregación de juveniles alimentándose cerca del muelle en San Juan de la Costa en noviembre de 1993 (Clark y Nelson 1997). Lo interesante es que si la proporción de sexos a nivel embrionario es 1:1 (Chang et al. 1997), entonces ¿donde se encuentra el resto de las hembras en etapa juvenil? Una posibilidad es que éstas permanezcan en sitios alejados de la costa. Sin embargo, a pesar de que se sabe poco acerca de los motivos de la segregación entre sexos para *R. typus*, es evidente que esto tiene que ver con una estrategia particular del ciclo de vida de la especie.

La mayor abundancia de tiburón ballena en el ambiente oceánico tuvo lugar en las zonas *EBES*, *bahía centro* y *paredones*. La preferencia de los adultos por estos sitios es otra fuerte evidencia de la estrategia de segregación espacial por talla/edad de la especie. La principal agregación de tiburones adultos observada en este estudio tuvo lugar en *bahía centro* (~2 tiburones/km²), lo cual constituye el primer registro de una agregación de esta naturaleza. En *EBES* no se observaron agregaciones, sino una presencia aislada, pero constante, de adultos en primavera y juveniles en verano y otoño. Tanto en *EBES* como en *bahía centro*, los adultos estuvieron generalmente ubicados justo por encima de una fuerte termoclina en 10-20 m de profundidad (Fig. 32) y en condiciones hidrográficas típicas de finales de primavera (+/-TSM y >SSM; Fig. 33). Lo anterior fue observado en varias ocasiones durante los avistamientos submarinos de adultos en años ‘La Niña’ (2000 y 2001). Los juveniles en *EBES* se asociaron a aguas muy cálidas y condiciones hidrográficas muy distintas características de verano y otoño (>TSM y

<SSM; Fig. 33). En *EBES*, tanto los tiburones adultos como los juveniles, estaban siempre en tránsito y sin alimentarse. No obstante, en el caso de los adultos es posible que más bien estuvieran alimentándose en otros momentos (pag. 72). La elevada productividad primaria de la montaña submarina *EBES* ha sido relacionada con la presencia de frentes termohalinos someros en junio, lo cual es impulsado por corrientes de chorro de agua fría proveniente de la Bahía (Trasviña et al. 2003); a dichos frentes pudiera estar asociado el tiburón ballena. *EBES* es una zona donde se han reportado elevados volúmenes zooplanctónicos pero con una alta variabilidad en su distribución (González-Armas et al. 2002). Empero, en el presente estudio no se pudo observar una relación directa de *R. typus* con dichos volúmenes en *EBES*, lo que podría deberse a la movilidad mencionada de la distribución del zooplancton. Por tanto, podemos suponer que i) los adultos en *EBES* (en primavera) se alimentan a diferentes profundidades durante el día y/o en superficie en horas del día en que ocurren las migraciones verticales de ciertos grupos zooplanctónicos (pag. 72), es decir, los movimientos verticales en la columna de agua de *R. typus* están asociados con la búsqueda de alimento (*sensu* Gunn et al. 1999), y que ii) los juveniles en *EBES* (en verano y otoño) sólo están de paso, alimentándose de manera ocasional y oportunista en temporadas del año de baja concentración de alimento (verano-principios de otoño).

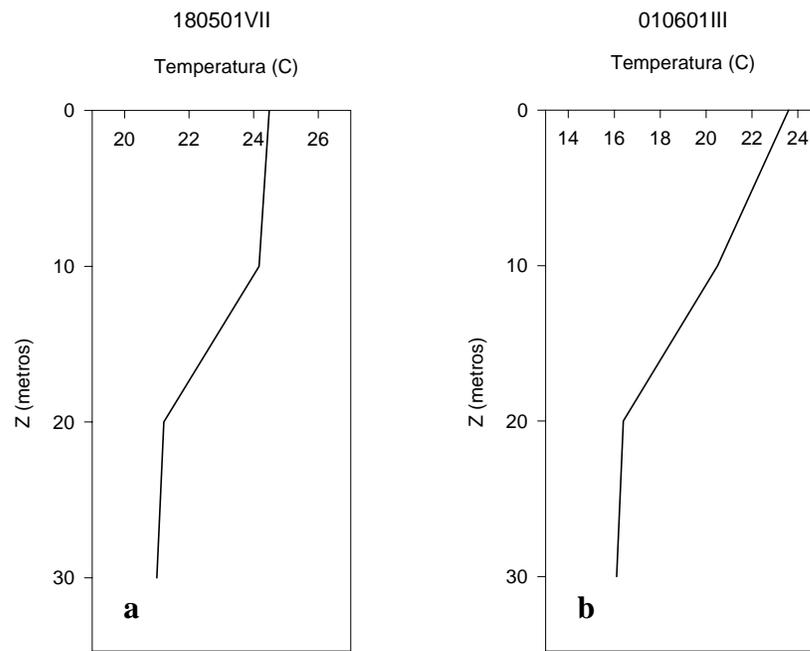


Figura 32. Perfiles verticales de temperatura en a) *EBES* (mayo 2001) y b) bahía centro (junio 2001)

En el ambiente oceánico las hembras adultas fueron dominantes (1 macho:5.2 hembra). Es un hecho peculiar que dicha proporción de sexos nunca antes se haya reportado para *R. typus*. Esto puede deberse a que el género del tiburón ballena no es debidamente registrado en las diferentes zonas de agregación alrededor del mundo y a que los reportes sobre agregaciones de adultos son escasos y sólo observados en muy pocas regiones (e.g. Islas Galápagos, Arnboum y Papastavrou 1988; Banco Gorda, obs. pers.). La elevada productividad y el hábitat óptimo pueden ser la combinación de factores ambientales que atrae a tiburones ballena adultos hacia el Golfo de California, aunque los motivos principales de su presencia pueden ser dos: alimentación y/o ¿reproducción? La frecuencia de hembras, aparentemente grávidas (95%; Apéndice C), observadas en estos ambientes oceánicos puede constituir una importante evidencia de que esta especie procrea a sus crías en la porción profunda de la Bahía de La Paz o en aguas profundas cercanas a ésta, es decir, dichas zonas estarían siendo utilizadas como un área de *crianza primaria* (*sensu* Bass 1978). Otras evidencias al respecto son la observación de una hembra en el año 2000 con el área precaudal flácida, como si tuviera poco tiempo de haber dado a luz, y la presencia de tiburones juveniles muy pequeños (< 3 m LT) en la zonas costeras de la bahía (obs. pers.). Incluso, los pescadores de antaño mencionan que en la década de los 1940's había crías (< 1 m LT) de tiburón ballena cerca de Punta Coyote, al norte de la bahía (M. Moreno com. pers. 2001⁷). Pero aún permanecen varias incógnitas: ¿Dónde están las crías hoy en día? ¿Dónde están la mayoría de los machos adultos? ¿Los machos permanecen a grandes distancias de la costa mientras que las hembras se acercan a la costa para tener a sus crías? Se ha sugerido que las zonas profundas alejadas de la costa pueden ser utilizadas como áreas de crianza (Compagno 2001), pero entonces ¿en que beneficia a *R. typus* utilizar estas zonas alejadas de la costa como áreas de crianza? Por otra parte, el registro de una cría de *R. typus* encontrado cerca de la costa en el Golfo de México a 57 m de profundidad (Wolfson 1983), constituye una evidencia más de la naturaleza de las zonas de *crianza primaria*. En este sentido, es factible que la Bahía de La Paz con sus zonas profundas protegidas cerca de la costa, aunado a la elevada productividad y aguas superficiales cálidas sea utilizada como una área de *crianza primaria*.

⁷ Manuel Moreno. Baja Expeditions. La Paz, B.C.S., México

9.2 Ecología alimentaria

Comportamiento y biomasa zooplanctónica

Existe una confusión en la literatura concerniente a los diferentes tipos de comportamiento alimentario del tiburón ballena. Heyman et al. (2001) describen un comportamiento que denominaron ‘filtración-ram en superficie’ (alimentación por succión y con movimiento hacia delante). Este mismo comportamiento fue observado por Clark y Nelson (1997) pero ellos lo llamaron ‘alimentación por succión’ para diferenciarlo de la alimentación-ram ó *filtración-ram*. De acuerdo a estos últimos autores, la alimentación por succión en superficie casi nunca involucra *filtración-ram*. Por tanto, parece que Heyman y colaboradores confundieron ambos términos, llamando erróneamente *filtración-ram* a lo que observaron. En el presente estudio se utiliza el término ‘*succión dinámica*’ para describir dicho comportamiento alimentario, observado también por Clark y Nelson (1997), y así distinguir entre los dos principales tipos de alimentación activa.

Los tiburones ballena adultos encontrados en primavera se alimentaron de manera pasiva (*filtración-ram*), en volúmenes bajos de biomasa zooplanctónica, por lo que se puede suponer que este comportamiento tiene que ver con la baja densidad del zooplancton. Clark y Nelson (1997) observaron también un comportamiento de *filtración-ram* con tiburones ballena alimentándose bajo la superficie en parches dispersos de plancton. Por otra parte, los tiburones adultos observados mostraron también, en ocasiones, alimentación por *succión dinámica*. Durante observaciones realizadas en el Banco Gorda (190 km al sureste de la Bahía de La Paz) se encontró que los tiburones adultos se alimentaron ocasionalmente por succión dinámica, arqueando el cuerpo al momento de succionar, sobre un denso enjambre de zooplancton (prob. eufáusidos, obs. pers.). De ahí que el comportamiento alimentario tiene una relación estrecha con la densidad del parche zooplanctónico.

En contraste, los tiburones juveniles encontrados en otoño estuvieron asociados con volúmenes de zooplancton de moderados a altos, y se alimentaron por *succión estacionaria*. Este tipo de comportamiento había sido reportado previamente en tiburones ballena alimentándose i) en el centro de cardúmenes de peces pequeños en el Golfo de México (Springer 1957; Hoffman et al. 1981), ii) en cautiverio (Kitafuji y Yamamoto 1998), iii) en densos parches de huevos de pargos

en Belice (Heyman et al. 2001), y iv) asociados a cardúmenes de anchoveta en la Bahía de Plenty, Nueva Zelanda (Duffy 2002). Los tiburones observados durante el presente estudio en la zona *sureste* de la bahía se encontraron en una posición oblicua o vertical (Apéndice B) al momento de succionar en densos enjambres de copépodos y larvas de decápodos (pag. 70). Este tipo de comportamiento había sido observado previamente en el área de estudio por pescadores, buceadores y marineros. Por otro lado, algunos tiburones encontrados en la zona *sur* en otoño estuvieron asociados a niveles de biomasa aún más altos, pero esta vez su comportamiento alimentario fue por *succión dinámica*, y cuando el parche tenía menor densidad se alimentaron por *succión estacionaria*. La *succión dinámica* observada en el presente estudio (Apéndice B) fue muy parecida a lo observado por Clark y Nelson (1997) en San Juan de la Costa y por Heyman et al. (2001) en Gladden Spit, Belice. Reportes anecdóticos mencionan que algo similar ocurre en las Islas Galápagos donde agregaciones de tiburones parecen alimentarse por *succión dinámica* (Rodale's Scuba Diving reports: www.scubadiving.com y Global student education project: www.GSEP.org).

Es evidente que cada tipo de alimentación está asociado con una densidad particular de biomasa: i) *filtración-ram* con densidad baja, ii) *succión estacionaria* con densidad moderada a alta y iii) *succión dinámica* con densidades muy altas. Comparando estos dos últimos tipos de alimentación, es probable que la *succión estacionaria* tenga mayor eficiencia en concentrar pequeños parches de zooplancton con densidades moderadas-altas, mientras que la *succión dinámica* es más eficiente cuando existen parches más extensos y de mucho mayor densidad. Generalmente, se observó que una combinación de estos dos tipos de alimentación ocurrieron, pero uno fue mas utilizado que otro, dependiendo de la densidad del parche.

Comportamiento y estructura zooplanctónica

Durante este estudio se observó que cada tipo de comportamiento está asociado a una estructura zooplanctónica particular, por tanto, podemos suponer lo siguiente: i) el tiburón ballena se alimenta preferentemente de una estructura específica de zooplancton, dependiendo de su talla/edad y ii) las estrategias (o mecanismos) de alimentación es distinta dependiendo de la composición y abundancia del alimento. De acuerdo a lo anterior, la segregación por edad/talla

está directamente relacionada con las preferencias en estructura zooplanctónica y estrategias de alimentación de cada clase de edad (adultos y juveniles).

En primavera los adultos se alimentaron sólo de manera pasiva (*filtración-ram*), con succión esporádica, en parches de zooplancton, compuestos principalmente por larvas de eufáusidos (*Nyctiphanes simplex*) y gasterópodos en la porción central de la bahía. La presencia de estadios larvarios de *N. simplex* (calytopis y furcilia) en las capas superficiales de esta parte de la bahía tiene que ver con el enriquecimiento de dichas capas, producto de las surgencias promovidas por la presencia de un giro semi-permanente en la porción central de la bahía durante invierno e inicios de primavera (Jiménez-Illescas 1996; De Silva y Palomares-García 1998). La presencia de estos tiburones alimentándose de *N. simplex* a finales de primavera coincide con los reportes de ballenas y mobúlidos comiendo en enjambres de este eufáusido aproximadamente en la misma zona, aunque en una época del año distinta (principios de primavera) (Gendron 1990, 1992; Del Angel y Gendron 1997; Hobro 2002). Particularmente, se ha mencionado que *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni* consumen de manera regular a *N. simplex* en la porción norte de la Bahía de La Paz (Hobro 2002), y la constante presencia de dichos mobúlidos en la porción central de la bahía a finales de primavera (Ketchum, datos no publicados), indica cierta convergencia en cuanto a las preferencias alimentarias entre las rayas diablo y el tiburón ballena adulto. Asimismo, se ha observado que en el Banco Gorda los tiburones adultos también estaban asociados a un denso enjambre de eufáusidos (prob.).

En el otoño los juveniles comieron generalmente de forma activa, a veces por *filtración-ram*, en parches densos compuestos principalmente por copépodos en la zona *sur* y *sureste* de la bahía. A este respecto, se ha mencionado en otros estudios la elevada densidad de copépodos en estas zonas, particularmente de la especie *Acartia clausi* durante el otoño (Palomares-García 1996). Aquí es importante señalar que los dos tipos de alimentación activa se diferenciaron en cuanto a la composición de los parches: 1) alimentación por *succión dinámica*.- copépodos (98%), y 2) *succión estacionaria*.- copépodos (50-70%) y otros (e.g. larvas de decápodos, quetognatos, larvas de equinodermos). La primera composición se asemeja a lo observado en noviembre de 1993, cuando los tiburones juveniles también se alimentaron por *succión dinámica* en San Juan de la Costa (composición: ~99% copépodos, principalmente *A. clausi*; Clark y Nelson 1997).

Asimismo, en Bahía de los Ángeles se ha encontrado una alta proporción de copépodos (95%) durante la observación de tiburones alimentándose en la parte sur (García 2002), aunque no se menciona el tipo de comportamiento alimentario. La mayoría de los tiburones avistados en dicha bahía son de tallas pequeñas (< 8 m LT; N. Rodríguez com. pers. 2003⁸), por lo que es factible que existan importantes similitudes en cuanto a preferencias alimentarias se refiere, entre los tiburones observados en dicha zona y la Bahía de La Paz.

Por otra parte, durante algunos eventos de no alimentación (en transito), la composición zooplanctónica presentó una gran proporción de copépodos, composición similar a la encontrada durante la alimentación activa. Entonces, ¿por qué estos tiburones no estaban comiendo dado el alto contenido de una presa preferencial? Por ejemplo, en uno de los casos el tiburón era adulto, por lo que es probable que no mostrara interés por el tipo de presa (copépodos) y la baja biomasa (99 ml/1000 m³), y en el otro caso el tiburón era juvenil y la biomasa moderada (428 ml/1000 m³) por lo que ¿debió haber mostrado cierta actividad de alimentación? Es probable que la respuesta a esto sea la presencia de otro componente de importancia en las muestras pero no cuantificado: el detritus. En ambos casos se encontró en las muestras un alto contenido de detritus, y lo mismo se observó en las colectas a diferentes distancias del tiburón (200 ó 300 m), a lo largo de algunos transectos. El mecanismo de filtración del tiburón ballena está conformado por una fibra esponjosa, que es una modificación de los arcos branquiales, situada en el interior entre las hendiduras branquiales, por las cuales prácticamente sólo fluye agua y partículas menores a 2-3 mm de diámetro (Gudger 1941a), y en el caso de tiburones muy jóvenes es probable que retengan presas aún de menor tamaño (1-2 mm) (Clark y Nelson 1997), aunque en Belice los tiburones se alimentaron de huevos de pargo cuyo diámetro era diminuto (0.75-0.78 mm; Heyman et al. 2001). Más aún, dicho mecanismo funciona de manera más eficiente al bombear por períodos breves que mediante el flujo-libre de agua a través de las branquias, como en el tiburón peregrino (*M. pelagios*) y boquiancho (*C. maximus*) (Taylor et al. 1983). Por tal motivo, la filtración en parches con altas proporciones de detritus podría dar como resultado una menor eficiencia en filtrado, ya que los finos poros (<2mm diámetro) se pueden bloquear con el material particulado, especialmente cuando hay fibras mucilaginosas que formarían auténticos tapones en el aparato de filtración del tiburón. Se sabe que el tiburón ballena puede limpiar las

⁸ Natalie Rodríguez. Área de Protección de Flora y Fauna-Islas del Golfo de California. Ensenada, B.C., México

partículas de alimento acumuladas entre las hendiduras branquiales con ‘toser’ (Colman 1997b), por lo que el efecto de taponeo por fibras mucilaginosas y material particulado puede ser contrarrestado, aunque lo anterior significa un mayor gasto de energía al deshacerse del material no deseado, de bajo contenido energético (comparado a una presa típica de *R typus*, e.g. crustacea). En resumen, podemos suponer que el tiburón ballena evita realizar cualquier tipo de alimentación por succión siempre que existan altos contenidos de detritus en los parches. No obstante, se observó un alto contenido de detritus y biomasa moderada (214 ml/1000 m³) durante un evento de alimentación por succión estacionaria, lo cual indica que existen algunas situaciones específicas durante las cuales el tiburón ballena realiza succión en parches aún con dicha composición.

A lo largo de este estudio sólo se realizaron observaciones de tiburones durante el día (9 am-6 pm), ya que la falta de luz y las condiciones desfavorables del mar no permitieron seguir observando después de las 6-7 pm. En el arrecife Ningaloo se han visto tiburones comiendo activamente en el crepúsculo o al anochecer (Clark 1992; Taylor 1994), y de hecho se piensa que sólo se alimentan de esta manera, aprovechando la migración vertical nocturna de los eufáusidos (*P. latifrons*) en aquella zona (Taylor 1994). A este respecto, la presencia de una agregación de 6-8 tiburones ballena en la porción central de la Bahía de La Paz durante dos días (aproximadamente), asociados a enjambres de larvas de *N. simplex* puede constituir una evidencia de que se alimentan activamente durante la noche de eufáusidos juveniles o adultos que migran hacia la superficie en el crepúsculo (*sensu* Brinton 1967). Se ha mencionado que la presencia de enjambres de eufáusidos en superficie durante el día es un reflejo de los enjambres en la columna de agua en términos de abundancia (Sameoto 1983), por tanto, la presencia de enjambres de larvas en superficie podría ser utilizado como un indicador de la presencia de adultos en la columna de agua. Por otro lado, la regular presencia de tiburones adultos en EBES a finales de primavera puede tener una relación estrecha con la migración de eufáusidos durante el crepúsculo en esta montaña submarina durante esa época (Valle-Levinson et al. en prensa), debido a que nunca se ha visto que se alimenten en superficie durante el día en esa zona.

El análisis preliminar del contenido estomacal de un tiburón ballena varado en la playa de Punta Arenas (60 km al sureste de La Paz) en julio de 2001 arroja cierta luz en el conocimiento de los

hábitos alimentarios de esta especie. Dado el estado de descomposición del tiburón, la mayor parte del contenido era material digerido no identificable, y sólo fueron identificados algunos restos de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) y pedazos de rodolitos (1.5-2.5 cm de diámetro). Estos elementos constituyen una fuerte evidencia de que el tiburón ballena se alimenta de un crustáceo adulto y probablemente de otras presas cercanas al fondo. Existen reportes de la asociación de *R. typus* con eventos de desove masivo de *Gecarcoidea natalis* (Crustacea) en Isla Christmas (Océano Índico) (Wilson et al. 2001), pero esto mas bien relaciona a los tiburones con el desove del cangrejo y no con el cangrejo mismo. Por otro lado, *P. planipes* es extremadamente abundante cerca del fondo y a grandes profundidades a lo largo de la costa del Pacífico de Baja California así como dentro del Golfo (Brusca 1980), aunque en ciertas épocas del año suben a la superficie y generalmente se les encuentra en la orilla llegando a cubrir playas enteras. Dada esta evidencia, es perfectamente posible que el tiburón ballena se alimente cerca del fondo, o incluso, en la superficie de *P. planipes* en algunas regiones de la porción sur del Golfo.

Finalmente, a partir de la información disponible en la literatura y de los reportes anecdóticos, es claro que *R. typus* se alimenta de una variedad de presas mucho más amplia de lo aquí descrito para la zona de estudio. Los pescadores de la Bahía de La Paz han observado a esta especie comiendo medusas, huevos de peces y peces pequeños como sardinas (G. Moreno com. pers. 2000⁹; B. León com. pers. 2001¹⁰; J.C. Telechea com. pers. 2002¹¹ y otros), y en otras regiones del mundo también se ha observado una amplia variedad de presas (ver Gudger 1941b; Colman 1997a; Wilson et al. 2001; Compagno 2001). Permanecen muchos vacíos de información a este respecto y el problema es que los estudios sobre ecología alimentaria de *R. typus* son particularmente escasos en muchas partes del mundo, por lo que es necesario reforzar aún mas la investigación sobre este tema.

9.3 Enlaces ambientales

Corrientes, frentes, giros y masas de agua

Los patrones de circulación oceánica dentro del Golfo de California cambian de manera estacional, especialmente entre verano e invierno (Soto-Mardones et al. 1999; Lluch-Cota 2000),

⁹ Gregorio Moreno. Pescador ribereño. Punta Coyote, B.C.S., México

¹⁰ Benito León. Pescador ribereño. La Paz, B.C.S., México

¹¹ Juan Carlos Telechea. Pescador ribereño. La Paz, B.C.S., México

y en primavera y otoño se tornan transicionales (Lavin et al. 1997). Asimismo, las masas de agua se mueven estacionalmente dentro del Golfo, y la presencia de giros y remolinos tienen también una componente temporal (Fernández-Barajas et al. 1994; Pegau et al. 2002). Es probable que los movimientos y patrones migratorios del tiburón ballena dentro del Golfo de California estén asociados a toda esta temporalidad de corrientes, masas de agua, giros y remolinos. Se piensa que las corrientes costeras proveen de i) un medio de transporte, ii) una señal direccional y iii) una señal temporal para la migración del tiburón ballena (Taylor y Pearce 1999; Wilson et al. 2001), particularmente las corrientes de agua cálida estacional. En el caso del Golfo de California las corrientes pueden constituir un medio de transporte para *R. typus* hacia dentro y fuera del Golfo, mientras que los giros y remolinos podrían constituir un sistema de transportación de un lado a otro del Golfo. Por otra parte, los movimientos del tiburón ballena hacia dentro y hacia afuera de la Bahía de La Paz están estrechamente relacionados con la entrada de aguas cálidas hacia su interior, en especial para el caso de los juveniles. En una escala mayor, los tiburones ballena migran hacia el sur del Golfo utilizando como señal el desplazamiento de las masas de agua cálida hacia el sur, a partir de finales de otoño. Evidencias de lo anterior son i) la ausencia de tiburón ballena en el Golfo durante el invierno y ii) los reportes regulares de *R. typus* al sur de la península, cerca de Mazatlán y hacia la costa de Oaxaca y Chiapas en enero, febrero y marzo (S. Lanham com. pers. 2001; base datos Flota Atunera Mexicana). También se han reportado avistamientos de tiburón ballena cerca de Isla Isabel, Nayarit en febrero y marzo (P. Medina-Rosas com. pers. 2003; base datos Flota Atunera Mexicana). Con estas evidencias, es posible que exista un patrón migratorio del tiburón ballena en el Pacífico mexicano: Golfo de California-Chiapas.

A partir de las imágenes de satélite de los promedios mensuales de la TSM (AVHRR-CoastWatch/NOAA; Apéndice F: Figs. F1-F10) se pueden identificar algunos rasgos oceanográficos que pudieran estar relacionados con la presencia y abundancia del tiburón ballena en el área de estudio. Se observa la presencia de un frente térmico al este de la isla Espíritu Santo, el cual es muy evidente en mayo de 1999 (Fig. F1), noviembre de 1999 (Fig. F4), junio de 2000 (Fig. F6) y mayo de 2001 (Fig. F10). Dicho frente tiene lugar en las inmediaciones de la montaña submarina EBES, con el que coinciden los avistamientos de tiburón ballena en el mes de mayo-junio y octubre-noviembre. Este frente podría indicar una frontera entre aguas

oceánicas y costeras, o el límite al oeste del giro ciclónico de mesoescala en la cuenca Farallón (Emilsson y Alatorre 1997), observable en noviembre de 1999 al noreste de la Bahía de La Paz (Fig. F4). Se observa también la intrusión de agua cálida oceánica hacia la porción norte de la Bahía de La Paz en mayo de 1999 (Fig. F1), que da lugar a un rápido calentamiento de la Bahía a partir de junio (Fig. F2). Asimismo, al analizar imágenes diarias de satélite (AVHRR-NOAA 12-14, procesadas en CICESE campus B.C.S.; Apéndice F: Figs. F11-F14), conjuntamente con los avistamientos de tiburón ballena en la zona de estudio, se puede observar una estrecha relación entre i) los tiburones adultos con frentes térmicos y lenguas de TSM medianamente cálida (23-26°C) en la bahía (Figs. F11-F13), y entre ii) los tiburones juveniles con condiciones hidrográficas homogéneas en la bahía (*sensu* Zaytsev et al. 1998) y TSM cálida (25-29°C; Figs. F14-F15).

Las características de la capa de mezcla tienen una estrecha relación con la estacionalidad del tiburón ballena en la zona de estudio (Fig. 33), por lo que podemos hablar de un patrón temporal de abundancia de *R. typus* definido por la TSM y SSM (Fig. 33). La causa de la ausencia de tiburones en la primavera de 2002 tiene que ver con los cambios interanuales del patrón temporal de las masas de agua, ya que ocurrió un desfase en la transición primavera-verano: los cambios en las condiciones hidrográficas no sucedieron hasta ya entrado el verano (posterior al mes de julio; Fig. 33). Esto quiere decir que cuando la transición de primavera a verano es tardía y gradual, las condiciones durante finales de primavera son desfavorables para *R. typus*, mientras que cuando la transición es corta y abrupta las condiciones son favorables para su aparición, particularmente de los adultos (Tabla 12).

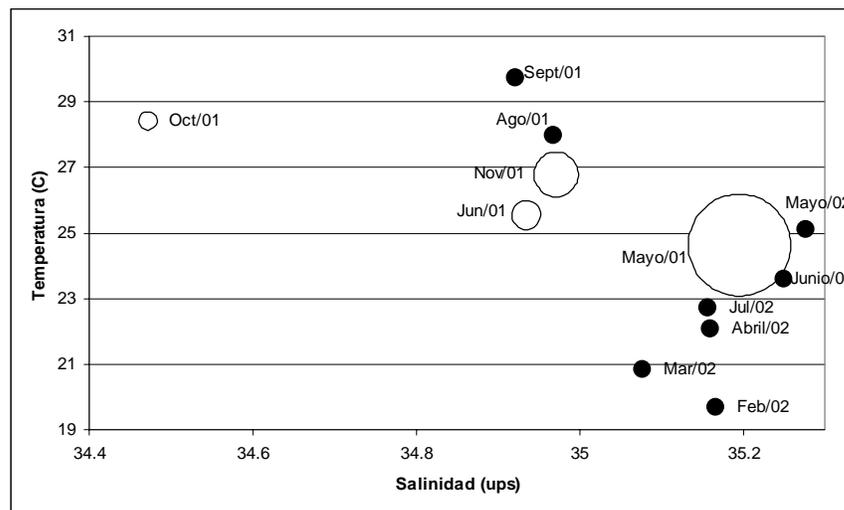


Figura 33. Diagrama T-S-TBallena. Tamaño de burbujas = abundancia de tiburón ballena durante 2001-2002. Relleno de burbujas: cuadrícula oscura = tiburones adultos avistados, cuadrícula clara = tiburones juveniles avistados, negro= no avistamientos

Tabla 12. Patrón temporal de abundancia por talla de *R. typus* de acuerdo a las masas de agua superficiales definidas por las variables hidrográficas en la zona de estudio para el período 2001-2002. 1 A principios de verano de 2002 las condiciones permanecían igual a las de finales de primavera; 2 En años cálidos la abundancia de tiburón ballena es alta y con eventos de alimentación a principios de otoño. AGC= Agua del Golfo de California, ASE= Agua Superficial Ecuatorial, TR = época transicional

Estaciones	Masas de agua	Salinidad y Temperatura	Presencia de <i>R. typus</i>		
			Abundancia	Edad	Actividad
Invierno	AGC	TSM baja y SSM alta	nula	-	-
Primavera (finales)	AGC	TSM moderada y SSM alta	alta	adulto (principalmente) y juvenil	alimentación
Verano ¹ (inicios)	TR	TSM moderada-alta y SSM intermedia	baja-moderada	juvenil (principalmente) y adultos	alimentación
Verano	ASE	TSM alta y SSM intermedia	baja	juvenil (únicamente)	tránsito
Otoño (principios)	ASE	TSM alta y SSM baja	baja ²	juvenil (únicamente)	tránsito
Otoño (finales)	TR	TSM moderada-alta y SSM intermedia	alta	juvenil (principalmente) y adultos	alimentación

Efectos de 'La Niña' y ENSO

La observación de tiburones adultos asociados a eufáusidos en años fríos concuerda con lo registrado por Gendron (1992) en cuanto a que los enjambres superficiales de eufáusidos son más comunes durante los años fríos en el Golfo de California. Por otra parte, en años cálidos (ENSO) la abundancia de tiburones adultos fue baja, lo cual posiblemente tiene que ver con la falta de alimento óptimo: eufáusidos. A este respecto, se ha reportado que la abundancia de post-larvas de eufáusidos fue baja durante el evento ENSO 1982-83 para el Golfo (Lavaniegos y Lara-Lara 1989).

En años cálidos con condiciones ENSO se observó un cambio drástico en cuanto a la abundancia de *R. typus*. Por ejemplo, en 1997 y mediados de 2002 con abundancias muy bajas o nulas, y en 1998 con abundancia elevada. En la primavera de 1997 y 2002 las condiciones ambientales fueron aparentemente desfavorables para estos tiburones: ENSO moderado en 1997 (NOAA/Climate Prediction Center), y condiciones frías (Fig. 18) y baja abundancia de zooplancton en 2002 (Fig. 19). Al parecer, en 2002 se produjo un fenómeno de bajo enriquecimiento de las capas superficiales, dada la disminución de los vientos y, consecuentemente, de las surgencias en la región. En contraste, en primavera de 1998, las condiciones ambientales cálidas (ENSO moderado; NOAA/Climate Prediction Center) y una alta concentración de alimento favoreció la presencia del tiburón ballena. En este año debió ocurrir

en la bahía algún tipo de enriquecimiento de las capas superficiales. A este respecto, algunos autores mencionan que hubo un incremento en la productividad primaria y de concentración de clorofila-a durante el evento ENSO 1982-83 en la porción central del Golfo de California (Valdez-Holguín y Lara-Lara 1987), así como un aumento en volumen zooplanctónico (Jiménez-Pérez y Lara-Lara 1987). Por otra parte, Lavaniegos y González-Navarro (1999) encontraron volúmenes bajos de zooplancton durante la primavera y verano de 1992 y volúmenes más altos para el invierno de 1993 en el canal de San Lorenzo, lo cual podría constituir una evidencia del incremento en producción secundaria a lo largo de un período ENSO. Estos mismos autores no encontraron una diferencia significativa al comparar los volúmenes zooplanctónicos de un año normal (1990) con un año ENSO (1992). Sin embargo, en el presente estudio sí se encontraron diferencias entre un año normal-frío (2001) y un año ENSO débil (2002), siendo el año frío el que mostró los mayores niveles de zooplancton.

Es evidente, entonces, que los cambios interanuales de las condiciones oceanográficas del Golfo (e.g. ENSO y Niña) tienen un efecto sobre la fluctuación de los volúmenes zooplanctónicos en la Bahía de La Paz, lo que, consecuentemente, tiene una estrecha relación con la variabilidad interanual de la abundancia y de la composición de edades (juvenil o adulto) del tiburón ballena en la región.

Finalmente, durante 1999 (año frío), la abundancia de tiburones se mantuvo alta en la Bahía, particularmente de juveniles. En este año las condiciones del agua superficial permanecieron cálidas dentro de la bahía hasta diciembre, siendo incluso más cálidas que en el resto del Golfo (ver Apéndice F). Por tanto, se puede pensar que un probable enriquecimiento de las capas superficiales ocurrido en 1998 permaneció hasta el siguiente año, y que las aguas relativamente cálidas dentro de la bahía, comparando con el resto del Golfo (Fig. F4), mantuvieron las condiciones óptimas para que una población de tiburones juveniles permaneciera hasta finales de 1999. Al siguiente año (2000), las condiciones fueron frías en la bahía y sólo se avistaron tiburones adultos, mientras que las grandes agregaciones de juveniles del año anterior desaparecieron.

10. Conclusiones

- Se definieron dos claras temporadas de mayor abundancia de tiburón ballena en la Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente: mayo-junio y septiembre-noviembre.
- La abundancia del tiburón ballena presentó variaciones estacionales importantes, en función del dinamismo intra-anual de las condiciones hidrológicas y de la biomasa zooplanctónica en la Bahía de La Paz.
- La abundancia de *R. typus* mostró también variaciones interanuales marcadas, lo cual está evidentemente relacionado con los cambios y anomalías interanuales de los patrones oceanográficos del Golfo de California (ENSO y La Niña)
- Se presentó una clara segregación temporal por edad asociada con los cambios y anomalías interanuales.
- Existe una evidente segregación espacial por edad y sexo en la Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente. La primera tiene que ver con las preferencias alimentarias y ambientales de cada clase de edad (adulto o juvenil), y la segunda con motivos probablemente de tipo reproductivo.
- La segregación de juveniles en zonas costeras, particularmente en la porción sur de la Bahía de La Paz, donde encuentran una densidad y tipo óptimo de presa, así como condiciones hidrográficas cálidas y homogéneas, sugieren una utilización de estas zonas como áreas de crianza secundaria. Por otro lado, la ausencia de posibles depredadores y de adultos en estas zonas costeras alude a un área de crianza protegida.
- La segregación de los adultos en aguas profundas y de influencia oceánica en la Bahía de La Paz, demuestra una preferencia por estos ambientes así como por un tipo óptimo de presas abundantes (eufáusidos) en estas zonas. La presencia de hembras adultas grávidas, su segregación en aguas profundas y la presencia de individuos pequeños (<3 m) en las aguas

costeras de la bahía, sugiere una posible utilización de las zonas profundas de la Bahía de La Paz como área de crianza primaria.

- El tiburón ballena se alimenta de una estructura zooplanctónica particular en función de su edad, y dependiendo de la abundancia zooplanctónica utiliza mecanismos de alimentación distintos. Así, los adultos mostraron una preferencia por enjambres de estadios larvarios de *N. simplex*, alimentándose primordialmente por filtración-ram, y los juveniles una preferencia por densos enjambres de copépodos y larvas de decápodos, comiendo por succión estacionaria y dinámica.
- El presente trabajo evidencia la necesidad de establecer lineamientos para la protección de *R. typus* basados en los resultados aquí expuestos. De tal forma, que es indispensable incluir a las áreas de crianza secundaria, y posiblemente las de crianza primaria, del tiburón ballena como sitios clave para el ordenamiento ecológico de la Bahía de La Paz.

11. Comentarios finales

Durante el trabajo de campo se sostuvieron pláticas sobre diferentes aspectos del tiburón ballena con un gran número de personas, principalmente con pescadores, operadores turísticos, capitanes de barco y buzos. Tras las conversaciones se hizo evidente la gran cantidad de conocimiento práctico en torno a esta especie, mismo que no está plasmado en las escasas publicaciones sobre el tema en el Golfo de California. Lo anterior se debe a la falta de estudios formales y, tal vez, a la falta de interés por investigarlo, lo cual suena irónico dada la regular presencia del tiburón ballena en la zona.

Los estudios sobre esta especie en México se encuentran en una etapa primaria, es decir, sólo se conocen algunos aspectos básicos sobre su distribución y ecología, y se desconocen muchas cuestiones, en particular sobre su reproducción, patrones migratorios y estructura poblacional. Por ello, un aspecto relevante que se desprende del presente estudio es la necesidad de continuar las investigaciones en torno al tiburón ballena y su hábitat. Si bien el estudio de esta especie no es del todo fácil dada su naturaleza impredecible, es preciso que para estudiarla se aprovechen las pocas ‘ventanas de oportunidad’, como son los sitios donde ocurren eventos de agregación: en el Golfo de California, a lo largo de la costa del Pacífico mexicano y en las cercanías de islas oceánicas.

El tiburón ballena siempre ha sido parte esencial de la ‘sala de trofeos’ de todo buzo debido a su carácter enigmático y aspecto exquisitamente misterioso. En los últimos años, la facilidad de trasladarse a sitios antes inaccesibles ha abierto las puertas para que un número cada vez mayor de personas pueda interactuar con este tiburón. Así, en diversas regiones del mundo, incluyendo la Bahía de La Paz, se practica el ecoturismo con el tiburón ballena, lo cual puede dejar grandes beneficios (siempre y cuando exista un manejo adecuado del recurso) a las economías locales, como se ha visto en el arrecife Ningaloo en Australia.

Para lograr lo anterior, es necesaria una sólida investigación científica, así como la participación activa y conjunta de instituciones educativas y de investigación, empresas eco-turísticas, agencias de gobierno y organizaciones no gubernamentales que se preocupen por diseñar y

establecer los programas de manejo para conservar a la especie y su hábitat. Particularmente porque el tiburón ballena utiliza el hábitat costero de la Bahía de La Paz como área de crianza (específicamente la zona costera que abarca desde el arroyo El Quelele a Punta Prieta), el cual puede llegar a alterarse drásticamente e irreversiblemente por efectos de construcción de marinas, aumento de tráfico marítimo, desagüe de aguas negras y otros contaminantes (e.g. plásticos).

Se conocen algunos efectos negativos del incremento del tráfico marítimo dentro del hábitat del tiburón ballena, como tiburones juveniles muy pequeños con aletas laceradas y la presencia de grandes cantidades de elementos plásticos en el agua, los cuales pueden ser fácilmente engullidos por los tiburones.

Tomando en cuenta lo anterior es imprescindible que el hábitat costero de esta especie localizado entre El Quelele y Punta Prieta se declare como “área protegida”, con el fin de garantizar la preservación de la especie, así como de otras de importancia ecológica y turística en la Bahía de La Paz, tales como mantas, delfines y ballenas.

12. Referencias

- Anónimo. 2002. Diario oficial de la federación, 6 de marzo de 2002. T (582:4). México, D.F. pp 1-80.
- Arnoum, T. y V. Papastavrou. 1988. Fish in association with whale sharks *Rhincodon typus* near the Galápagos islands. Noticias de Galápagos 46:13-15.
- Bass, A.J. 1978. Problems in studies of sharks in the southwestern Indian Ocean. pp 545-594. In: E.S. Hodgson y R.F. Mathewson (ed.) Sensory biology of sharks, skates and rays, Office of Naval Research, Department of the Navy, Arlington.
- Beebe, W. 1938. Zaca venture. Harcourt, Nueva York. 210p.
- Branstetter, S. 1991. Shark life history: One reason sharks are vulnerable to overfishing. In: Discovering sharks. American Linnean Society, Special Publ. 14:29-34
- Brinton, E. 1967. Vertical migration and avoidance capability of euphausiids in the California Current. Limnol. Oceanogr. 12:451-483
- Brinton, E., Fleminger, A. y D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. CalCOFI Rep. 27:228-266
- Brusca, R.C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona, Tucson. 513p.
- Chang, W.B., Leu, M.Y. y L.S. Fang. 1997. Embryos of the whale shark, *Rhincodon typus*: early growth and size distribution. Copeia 2:444-446
- Chen, C.T., Ming, L.K. y S.J. Joung. 1997. Preliminary report on Taiwan's whale shark fishery. TRAFFIC Bulletin 17(1):53-57
- Childs, J. Burks, C.M., Mullin, K.D. y J. Hewitt III. 2000. The occurrence and distribution of the whale shark (*Rhincodon typus*) in the northern Gulf of Mexico. AES Symposium, Natural history of the whale shark. La Paz, B.C.S. Junio, 2000.
- Clark, E. 1992. Whale sharks. Gentle monsters of the deep. Nat. Geogr. 182: 123-138.
- Clark, E y D.R. Nelson. 1997. Young whale sharks, *Rhincodon typus*, feeding on a copepod bloom near La Paz, Mexico. Env. Biol. Fish. 50:63-73.
- Colman, J. 1997a. Whale shark interaction management, with particular reference to Ningaloo Reef Marine Park, 1997-2007. Western Australia Wildlife Management Program No. 27.
- Colman, J. 1997b. A review of the biology and ecology of the whale shark. J. Fish. Biol. 51:1219-1234

- Compagno, L.J.V. 1973. Interrelationships of living elasmobranchs. pp 49-51. *In*: P.H Greenwood, R.S Miles y C. Patterson (ed.) Interrelationships of fishes, Academic Press, Nueva York..
- Compagno, L.J.V. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Vol. 4, Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fish Synopses 125:1-250.
- Compagno, L.J.V. 2001. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Vol. 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). FAO Species Catalogue for Fishery Purposes 1(2). Rome, FAO. 269p
- Cruz-Orozco, R.C., Martinez-Noriega, C. y A. Mendoza-Maravillas. 1996. Batimetría y sedimentos de la Bahía de La Paz, B.C.S.. *Oceanides* 11:21-27
- De Silva-Dávila, R. 1997. Abundancia y distribución de los eufáusidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* Hansen, en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría, CICIMAR, La Paz, México. 112p.
- De Silva-Dávila, R. y J.R. Palomares. 1998. Unusual larval growth production of *Nyctiphanes simplex* in Bahía de La Paz, B.C.S., México. *J. Crustacean Biol.* 18:490-498
- Del Angel, J. y D. Gendron. 1997. XXII Reunión internacional para el estudio de los mamíferos marinos. Nuevo Vallarta, Jal. Abril-mayo, 1997.
- Duffy, C.A.J. 2002. Distribution, seasonality, lengths, and feeding behaviour of whale sharks (*Rhincodon typus*) observed in New Zealand waters. *N. Zeal. J. Mar. Fresh. Res.* 36:565-570
- Eckert, S.A. y B.S. Stewart. 1996. Migration and movements of the whale shark (*Rhincodon typus*) in the Sea of Cortez as determined by satellite telemetry. Hubbs-Sea World Research. Institute Technical Report 96-269
- Eckert, S.A y B.S. Stewart. 2001. Telemetry and satellite tracking of whale sharks, *Rhincodon typus*, in the Sea of Cortez, Mexico, and the north Pacific Ocean. *Env. Biol. Fish.* 60:299-308.
- Emilsson, I. y M.A. Alatorre. 1997. Evidencias de un remolino ciclónico de mesoescala en la parte sur del Golfo de California. pp. 173-182. *In*: M.F. Lavin (ed.) Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3, Washington, Unión Geofísica Mexicana
- Félix-Pico, E. 1976. Serie de cinco reportes de la residencia de acuicultura en el estado de Baja California Sur. Bahía Concepción, Estero San Lucas y Ensenada de La Paz. Secretaría de Pesca, nov. 1975 a dic. 1976. 46p

- Fernández-Barajas, M.E., Monreal-Gómez, M.A. y A. Molina-Cruz. 1994. Estructura termohalina y flujo geostrofico en el Golfo de California, durante 1992. *Ciencias Marinas* 20:267-286
- García-García, B. M. (2002). 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, México. 50p.
- Gendron, D. 1990. Relación entre la abundancia de eufáusidos y de ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) en el Gof de California. Tesis de Maestria, CICIMAR, La Paz, México. 64p.
- Gendron, D. 1992. Population structure of daytime surface swarms of *Nyctiphanes simplex* (Crustacea:Euphausiacea) in the Gulf of California, México. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 87:1-6
- González-Armas, R, Palomares-García, R. y R. De Silva-Dávila. 2002. Copepod and macrozooplankton distribution associated to El Bajo Espíritu Santo Seamount. pp 183-193. *In:* M.E. Hendricks (ed.) Contributions to the study of East Pacific Crustaceans. ICMYL, UNAM. 383p.
- González-Navarro, E. y R. Saldierna-Martinez. 1997. Zooplancton de la Bahía de La Paz, B.C.S. (1990-1991). pp 43-57. *In:* R.J Urban y M. Ramírez (ed.) La Bahía de La Paz, investigación y conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS
- Gudger, E.W. 1935. The geographical distribution of the whale shark, *Rhineodon typus*. *Proc. Zool. Soc. London* 4:863-893
- Gudger, E.W. 1938. Whale sharks struck by fishing boats off the coast of Lower California. *Calif. Fish Game* 24:420-421
- Gudger, E.W. 1941a. The feeding organs of the whale shark (*Rhineodon typus*). *J. Morph.* 68:81-99
- Gudger, E.W. 1941b. The food and feeding habits of the whale shark , *Rhineodon typus*. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 57:57-72
- Gunn, J.S., Stevens, J.D., Davis, T.L.O. y B.M. Norman. 1999. Observations on the short-term movements of whale sharks (*Rhincodon typus*) at Ningaloo Reef, Western Australia. *Mar. Biol.* 135: 553-559.
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. y W.C. Black. 1999. Análisis multivariante. 5a ed. Prentice Hall, Madrid. 799p
- Hanfee, F. 2001. Gentle giants of the sea. A report on whale shark trade off the Gujarat coast. TRAFFIC-India/WWF-India report

- Heyman, W.D., Graham, R.T., Kjerfve, B. y R.E. Johannes. 2001. Whale sharks *Rhincodon typus* aggregate to feed on fish spawn in Belize. Mar. Ecol. Progr. Ser 215:275-282
- Hobro, F.E. 2002. The feeding ecology, foraging behaviour and conservation of manta rays (Mobulidae) in Baja California, Mexico. Tesis de Maestría, University of Wales, Bangor. 75p.
- Hoffman, W., Fritts, T.H. y R.P. Reynolds. 1981. Whale sharks associated with fish schools off south Texas. North. Gulf Sci. 5:55-57
- Iwasaki, Y. 1970. On the distribution and environment of the whale shark, *Rhincodon typus*, in skipjack fishing grounds in the Western Pacific Ocean. J. Coll. Mar. Sci. Tech., Tokay University 4:37-51
- Jiménez-Illescas, A.R. 1996. Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis de Doctorado, UNAM, México, D.F. 212p.
- Jiménez-Illescas, A.R., Obeso-Nieblas, M., Alatorre-Mendieta, M., Troyo-Diéguéz, S y H. García Escobar. 1994. Hidrología de la Bahía de La Paz. Oceanología 1:115-131
- Jiménez-Illescas, A.R., Obeso-Nieblas, M. y D.A. Salas-León. 1997. Oceanografía física de la Bahía de La Paz, B.C.S. pp 31-41. In: R.J. Urbán y M. Ramírez (ed.) La Bahía de La Paz, investigación y conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS
- Jiménez-Pérez, L. y R. Lara-Lara 1987. Zooplankton biomass and copepod community structure in the Gulf of California during the 1982-1983 El Niño event. CalCOFI Rep. 29:122-128
- Joung, S.J., Chen, C.T., Clark, E., Uchida, S. y W.Y.P. Huang. 1996. The whale shark, *Rhincodon typus*, is a live bearer: 300 embryos found in one 'megamamma' supreme. Env. Biol. Fish. 46:219-223
- Kachigan, S.K. 1991. Multivariate statistical analysis. A conceptual introduction. 2a ed. Radius, Nueva York. 303p
- Ketchum J.T. y A.R. Lozano. 2000. Observations on the seasonal occurrences of whale sharks (*Rhincodon typus*) in the southern Gulf of California. AES Symposium, Natural history of the whale shark. La Paz, B.C.S. Junio, 2000.
- Kitafuji, M. y K. Yamamoto. 1998. Rearing of the whale shark, *Rhincodon typus*, in the Osaka Aquarium "Kaiyukan". Jour. Jpn. Assoc. Zool. Aqua. 39:47-54
- Krebs, C.J. 1989. Ecological methodology. Harper Collins, Nueva York. 214p.
- Last, P.R. y J.D. Stevens. 1994. Sharks and rays of Australia. CSIRO, Melbourne.

- Lavaniegos, B.E. y E. González-Navarro. 1999. Grupos principales del zooplancton durante El Niño 1992-93 en el Canal de San Lorenzo, Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.* 47:129-140
- Lavaniegos, B.E. y J.R. Lara-Lara 1990. Zooplankton of the Gulf of California after the 1982-1983 El Niño event: Biomass distribution and abundance. *Pac. Sci.* 44:297-310
- Lavin, M.F., Beier, E. y A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual. pp. 141 *In:* M.F. Lavin (ed.) *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Monografía No. 3, Washington, Unión Geofísica Mexicana
- Lozano, R.A. 2000. A proposed management program for the whale sharks *Rhincodon typus* of La Paz Bay, B.C.S. AES Symposium, Natural history of the whale shark. La Paz, B.C.S. Junio, 2000.
- Lluch-Cota, S.E. 2000. Coastal upwelling in the eastern Gulf of California. *Oceanol. Acta* 23:731-740
- Martínez-López, A.R., Cervantes-Duarte, R., Reyes-Salinas, A. y J.E. Valdez-Holguín. 2001. Cambio estacional de la clorofila a en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Hidrobiológica* 11:45-52
- Mojetta, A. 1997. *Sharks. History and biology of the lords of the sea.* Barnes & Noble, Nueva York. 167p
- Murillo-Jiménez, J. 1987. Algunas características paleoceanográficas y cuerpos de agua inferidos a partir del registro paleontológico (Radiolaria) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura, UABCS, La Paz, México. 70p.
- Nelson, J.D. y S.A. Eckert. 2000. Local habitat distribution and utilization of whale shark (*Rhincodon typus*) within Bahía de Los Angeles, B.C., Mexico. AES Symposium, Natural history of the whale shark. La Paz, B.C.S. Junio, 2000.
- Obeso-Nieblas, M. 1986. Propagación del constituyente M2 de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. Tesis de Maestría, CICIMAR, La Paz, México. 123p.
- Obeso-Nieblas, M. y R.A. Jiménez-Illescas. 1989. Propagación de la constituyente M2 de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. *Rev. Inv. Mar. CICIMAR* 42:241-256
- Obeso-Nieblas, M., Gaviño-Rodríguez, J.H., Jiménez-Illescas, A.R. y B. Shirasago-Germán. 2002. Simulación numérica de la circulación por marea y viento del noroeste y sur en la Bahía de La Paz, B.C.S. *Oceánides* 17:1-2
- Pai, M.V., Nandakumar, G y K.Y. Telang. 1983. On a whale shark, *Rhincodon typus* Smith, landed at Karwar, Karnataka. *Indian J. Fisher* 30:157-160

- Palomares-García, J.R. 1996. Estructura espacial y variación estacional de los copépodos en la Ensenada de La Paz. *Oceánides* 11:29-43
- Pegau, S., Boss, E. y A. Martínez. 2002. Ocean color observations of eddies during the summer in the Gulf of California. *Geophys. Res. Lett.* 29:9(1-3)
- Priede, I.G. 1984. A basking shark (*Cetorhinus maximus*) tracked by satellite together with simultaneous remote sensing. *Fish. Res.* 2:201-216
- Reyes-Salinas, A. 1999. Factores que controlan la productividad primaria en la bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría, CICIMAR, La Paz, México. 122p.
- Robles Pacheco, J.M. y S.G. Marinone. 1987. Seasonal and interannual thermohaline variability in the Guaymas Basin in the Gulf of California. *Cont. Shelf Res.* 7:715-733
- Sameoto, D. 1983. Euphausiid distribution in acoustic scattering layers and its significance to surface swarms. *J. Plankton Res.* 5:129-143
- Satyanarayana Rao, K. 1986. On the capture of whale sharks off Dakshina Kannada coast. Marine Fisheries Information Service, Technical and Extension Ser. 66:22-29
- Signoret, M y H. Santoyo. 1980. Aspectos ecológicos del plancton en la Bahía de La Paz, Baja California Sur. *An. Cen. Cien. Mar Limnol. UNAM* 7:217-248.
- Smith, H.M. 1925. A whale shark (*Rhineodon*) in the Gulf of Siam. *Science* 62:438
- Smith, D.L. 1977. A guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae. Kendall-Hunt, Iowa. 161p.
- Smith, P.E. y S.L. Richardson. 1979. Técnica modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FIR/T175. FAO, Documentos Técnicos de Pesca 175:1-107.
- Soto-Mardones, L., Marinone, S.G. y A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 25:1-30
- Springer, S. 1957. Some observations on the behavior of schools of fishes in the Gulf of Mexico and adjacent waters. *Ecology* 38:166-171
- Springer, S. 1967. Social organization of shark populations. pp 149-174. *In: P.W Gilbert, R.F. Mathewson y D.P. Rall (ed.) Sharks, skates and rays, John Hopkins, Baltimore*
- Sverdrup, H.U., Johnson, M.W. y R.H. Fleming. 1970. *The Oceans*. Prentice Hall, Nueva Jersey.
- Taylor, J.G. 1994. Whale sharks. The giants of Ningaloo Reef. Angus & Robertson, Sydney. 176p.

- Taylor, J.G. 1996. Seasonal occurrence, distribution and movements of the whale shark, *Rhincodon typus*, at Ningaloo Reef, Western Australia. *Mar. Freshwater Res.* 47:637-642
- Taylor, J.G. y A.F. Pearce. 1999. Ningaloo Reef currents: implications for coral spawn dispersal, zooplankton and whale shark abundance. *J. Roy. Soc. W.A.* 82:57-65
- Taylor, L.R., Compagno, L.J.V. y P.J. Struhsaker. 1983. Megamouth a new species, genus and family of lamnid shark (*Megachasma pelagios*, family Megachasmidae) from the Hawaiian Islands. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 43:87-110
- Thunnel, R., Pride, C, Ziveri, P., Muller-Karger, F., Sancetta, C. y D. Murray. 1996. Plankton response to physical forcing in the Gulf of California. *J. Plankton Res.* 18:2017-2026
- Todd, C.D. y M.S. Laverack. 1991. Coastal marine zooplankton: a practical manual for students. Cambridge University, Cambridge. 114p
- Torres-Orozco, E. 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, México. 80 p
- Trasviña, A., Gutierrez de Velasco, G., Valle-Levinson, A., González-Armas, R., Muhlia, A. y M.A. Cosío. 2003. Hydrographic observations of the flow in the vicinity of a shallow seamount top in the Gulf of California. *Est. Coast. Sh. Sci.* 56:1-14
- Tregouboff, G. y M. Rose. 1965. Manuel de planctonologie Mediterranee. Vol. I y II. Paris
- Valdez-Holguin, J.E. y R. Lara-Lara 1987. Primary productivity in the Gulf of California effects of El Niño 1982-1983 event. *Ciencias Marinas* 13:34-50
- Valle-Levinson, A., Trasviña-Castro, A., Gutiérrez de Velasco, G. y R. González-Armas. 2002. Diurnal vertical motions over a seamount of the Southern Gulf of California. *J. Mar. Sys.*
- Wilson, S.G. y D.R. Newbound. 2001. Two whale shark faecal samples from Ningaloo Reef, Western Australia. *Bull. Mar. Sci.* 68:361-362
- Wilson, S.G, Taylor, J.G. y A.F. Pearce. 2001. The seasonal aggregation of whale sharks at Ningaloo Reef, Western Australia: currents, migrations and the El Niño/Southern Oscillation. *Env. Biol. Fish.* 61:1-11
- Wintner, S.P. 2000. Preliminary study of vertebral growth rings in the whale shark, *Rhincodon typus*, from the east coast of South Africa. *Env. Biol. Fish.* 59:441-451
- Wolfson, F.H. 1983. Records of seven juveniles of the whale shark, *Rhiniodon typus*. *J. Fish Biol.* 22:647-655
- Wolfson, F.H. 1986. Occurrences of the whale shark, *Rhincodon typus*, Smith. pp.208-226. *In:* T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi y K. Matsuura (ed.) *Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of*

the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes, Ichthyological Society of Japan, Tokyo.

Wolfson, F.H. 1987. The whale shark, *Rhincodon typus*, Smith 1828, off Baja California, México (Chondrichthyes:Rhinodontidae). Mem. V Simp. Biol. Mar., UABCS, 5:103-108.

Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. 3^a ed. Prentice Hall. Nueva Jersey. 662p.

Zaytsev, O.V., Salinas-González, F. y S. Troyo-Diéguéz. 1998. Water dynamics and mixing studies in the coastal zone of the Gulf of California. Proc. Canadian Hydrogr. Conf., 1:267-276

Glosario

- Aberturas branquiales. Aberturas a los costados de la cabeza de un pez, en tiburones son 5-7, por donde es expelida el agua de la respiración.
- Alimentación pasiva o filtración-ram. Modo de alimentación en tiburones filtradores y mantas en el cual el animal mantiene la boca abierta mientras se mueve hacia delante forzando un flujo de agua a través de las branquias, y atrapando presas muy pequeñas entre las espinas branquiales. El tiburón peregrino (*C. maximus*) y boquiancho (*M. pelagios*) utilizan comúnmente esta forma de alimentación.
- Alimentación activa. Es un modo de alimentación en el cual se realiza algún tipo de succión o bombeo para hacer pasar un flujo de agua a través de las branquias. El tiburón ballena usa generalmente esta forma de alimentación.
- Agregación. Agrupación de organismos de la misma especie sin ningún tipo de organización social. Las agregaciones pueden darse por motivos alimenticios.
- Arcos branquiales. El soporte óseo de los filamentos y las espinas branquiales.
- Área de crianza. En tiburones, son lugares discretos donde las hembras paren a sus crías o depositan sus huevos, y donde las crías pasan sus primeras semanas de vida. Estas áreas se caracterizan por la presencia simultánea de hembras grávidas, neonatos libre nadadores y juveniles pequeños.
- Área de crianza primaria. En tiburones, son aquellas sitios donde las hembras paren a las crías y estas permanecen ahí por un corto tiempo.
- Área de crianza protegida. En tiburones, son áreas de crianza protegidas de los depredadores y no son frecuentadas por los adultos.
- Área de crianza secundaria. En tiburones, son lugares donde se juntan los juveniles después de haber abandonado las áreas de crianza primaria y permanecen antes de alcanzar la madurez.
- Biomasa. Cantidad de materia viviente expresada como volumen o peso total de organismos por unidad de área o volumen.
- Capa de mezcla. Capa con propiedades fisicoquímicas homogéneas, formada por acción del oleaje o convección termohalina en la columna de agua.
- Cardumen. Agrupamiento social de peces uniformemente espaciados y polarizados
- Coefficiente de extinción (k). Conocido también como coeficiente de atenuación difusa, es la profundidad a la cual desaparece el disco Secchi expresado como $k=1.7/D$, donde D= profundidad del disco.
- Convergencia. Cuando aguas de diferente origen tienen una componente de su flujo que se unen en una línea o área, la que se conoce como línea de convergencia o zona de convergencia.
- Corrientes. Movimiento horizontal de agua.
- Detritus (orgánico). Material resultante de la desintegración de restos orgánicos de organismos muertos.
- Ecología alimentaria. Estudio del comportamiento alimentario, búsqueda y presas preferenciales en organismos de gran movilidad, por ejemplo, ballenas, tiburones filtradores, mantas.
- Espinas branquiales. Protuberancias rígidas del arco branquial que crecen al lado opuesto de los filamentos branquiales, cuya función es retener partículas u organismos como parte del alimento.
- Enjambre. Agregación social de organismos, uniformemente espaciados pero sin polarización.

ENSO. Condición general de elevada temperatura superficial del mar y de mínimas diferencias en presión a través del Pacífico tropical. A medida que esta condición se desarrolla los vientos alisios del este se debilitan y las aguas anormalmente cálidas en el Pacífico oriental se extienden hacia el oeste.

Frentes. Frontera entre parcelas o masas de agua de características marcadamente distintas: diferente temperatura, diferentes masas de agua.

Giros. Movimientos circulares del agua.

Gonopterígios. Procesos acanalados con forma de cilindro fijos a la base de las aletas pélvicas de tiburones, rayas y pez guitarra machos. Se utiliza para transmitir el esperma durante la copula.

Hábitat. El lugar donde un organismo vive, como un bosque, arrecife coralino, aguas costeras, etc.

La Niña. Condición general de bajas temperaturas superficiales del mar que surge típicamente posterior a un evento ENSO.

Masas de agua. Volumen de agua identificado por valores típicos de temperatura y salinidad que lo caracterizan y distinguen de las aguas circundantes.

Parche. Agregación multiespecífica de organismos sin ninguna relación social, sin espaciación homogénea y no polarizados.

Producción primaria. Cantidad de carbono fijado por organismos autótrofos mediante la síntesis de material orgánico a partir de compuestos inorgánicos simples como el bióxido de carbono y el agua, utilizando la energía solar o energía química por unidad de tiempo en una unidad de volumen o área.

Producción secundaria. Suma de la materia orgánica producida como resultado de la depredación de sobre los productores primarios y sus productos.

Succión dinámica. Comportamiento alimentario del tiburón ballena, en el cual succiona agua a través de las branquias al tiempo de moverse hacia delante.

Succión estacionaria. Comportamiento alimentario del tiburón ballena originalmente descrito por Gudger (1941b) y Springer (1957), en el cual el tiburón se coloca en posición vertical u oblicua y succiona agua a través de las branquias cerca de la superficie, permaneciendo estacionario.

Surgencia. Ascenso de aguas subsuperficiales frías y con alto contenido de nutrientes que reemplazan las aguas superficiales en un lugar determinado. Las surgencias costeras son las más importantes.

Termoclina. Capa en la que se presenta un cambio abrupto en temperatura a medida que se incrementa la profundidad.

Transecto. Línea resultante de la unión de varios sitios de colecta. A lo largo de esta línea se grafican y analizan datos de forma independiente.

Ventilación ram. Modo de respiración en peces pelágicos en la que el pez o tiburón mantiene la boca entreabierta mientras se mueve hacia delante forzando agua a través de las branquias para ventilarlas.

APÉNDICE A

Láminas de estimación del tamaño, género y marcas



Figura A1. Estimación del tamaño utilizando un objeto de tamaño conocido (a y b) y colocando una línea a lo largo del cuerpo del tiburón (c)



Figura A2. Determinación del sexo mediante observación de gonopterígios en el caso de los machos (a; tomado de Mojetta 1997) y cloaca en las hembras (b; tomado de Taylor 1994).



Figura A3. Observación de marcas, cicatrices, mordidas y coloración en las aletas (dorsal, pectorales), cola y cuerpo

APÉNDICE B
Láminas de comportamiento



Figura B1. Ventilación-ram



Figura B2. Vista de aberturas branquiales en ventilación-ram



Figura B3. Ventilación-ram



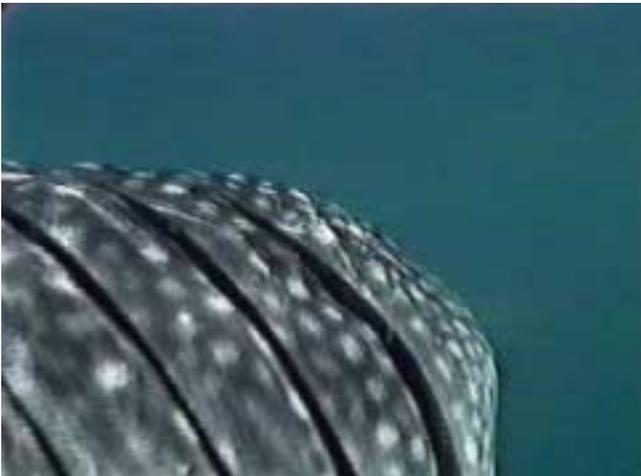
Figura B4. Alimentación pasiva



Figura B5. Alimentación pasiva



Figuras B6-B7. Movimientos en superficie durante la succión dinámica



Figuras B8-B9. Vista de aberturas branquiales durante la succión dinámica



Figura B10. Movimiento en superficie durante la succión estacionaria



Figura B11. Succión estacionaria en posición casi vertical



Figura B12. Vista de aberturas branquiales durante la succión estacionaria



Figura B13. Posición oblicua durante la succión estacionaria

APÉNDICE C
Láminas de hembras grávidas



Figura C1. Hembras grávidas observadas en a) Bahía centro, b) Banco Gorda, c) El Bajo

APÉNDICE D
Bitácoras



**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
DEPTO. DE PLANCTON Y ECOLOGÍA MARINA**



FORMA PARA REGISTRO DE DATOS DE PRODUCCIÓN SECUNDARIA EN CAMPAÑAS DE INVESTIGACIÓN

CRUCERO	EMBARCACION	ESTACION	SECUENCIA	FECHA DIA MES AÑO			HORA DE LLEGADA _____	
ESTADO DEL MAR		VIENTO DIRECCIÓN VELOCIDAD			ESTADO DE LA MAREA		HORA DE SALIDA _____	
TEMPERATURA SUPERFICIAL _____		SALINIDAD SUPERFICIAL _____		CONDUCTIVIDAD SUPERFICIAL _____		OXIGENO DISUELT SUPERFICIAL _____		
5m _____	30m _____	5m _____	30m _____	5m _____	30m _____	5m _____	30m _____	
10m _____	35m _____	10m _____	35m _____	10m _____	35m _____	10m _____	35m _____	
15m _____	40m _____	15m _____	40m _____	15m _____	40m _____	15m _____	40m _____	
20m _____	45m _____	20m _____	45m _____	20m _____	45m _____	20m _____	45m _____	
25m _____	50m _____	25m _____	50m _____	25m _____	50m _____	25m _____	50m _____	
MUESTRAS DE ZOOPLANCTON								
LUZ DE MALLA	FLUJOMETRO #	CONTADOR DEL FLUJOMETRO INICIAL FINAL		TIPO DE ARRASTRE	HORA DE ARRASTRE INICIAL FINAL		MUESTRA P/CLOROFILA NIVEL VOL. FILTR. TUBO	
_____ μ							m	ml sec
_____ μ							m	ml sec
_____ μ							m	ml sec
_____ μ							m	ml sec
BOMBA SI NO	VOL. FILTR. _____ (L)	DISCO DE SECCHI _____ (m)		OBSERVACIONES				
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>								

RESPONSABLE(S): _____

Figura D3. Bitácora de colecta de plancton

APÉNDICE E
Hoja de registro



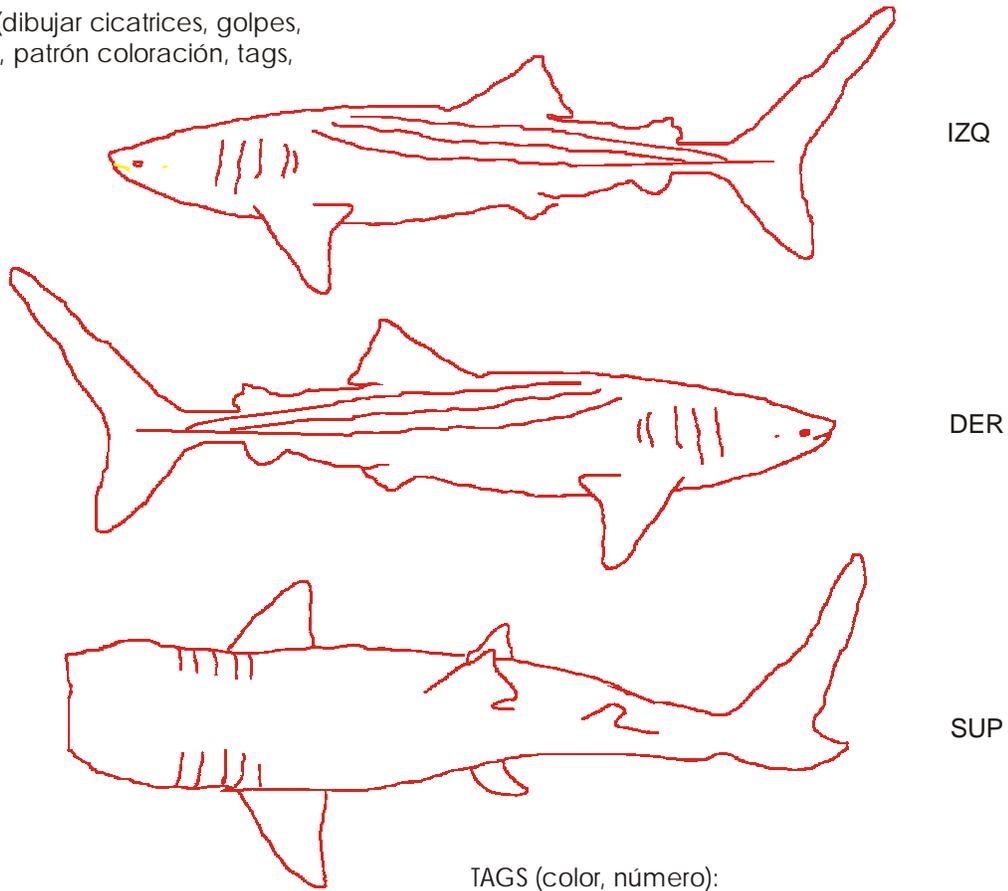
PROYECTO TIBURON BALLENA
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

AVISTAMIENTO

FECHA/HORA _____
LOCALIZACION _____
GPS (latitud/longitud) _____
TAMAÑO _____
SEXO _____

MANDAR FORMA Y/O INFORMACION A:
Proyecto Tiburón Ballena
Apartado Postal 701
La Paz, B.C.S. 23000
o a:
James Ketchum: jketchum@uabcs.mx
Felipe Galván: fgalvan@redipn.ipn.mx
Tels: (112) 246-35, (112) 538-28, (112) 353-20
Fax: (112) 538-29, (112) 253-22
Radio VHF-canal 73

MARCAS (dibujar cicatrices, golpes,
mordidas, patrón coloración, tags,



FOTOGRAFIAS/VIDEO (sí o no): NOMBRE Y DIRECCION (fotógrafo):

OBSERVACIONES (comportamiento: alimentándose, nadando en superficie o a profundidad, etc.)

NOMBRE Y DIRECCION (observador (es)):

Nota: Llenar sólo una forma por tiburón ballena avistado.

Figura E1. Hoja de registro utilizada durante los avistamientos

APÉNDICE F

Imágenes de satélite

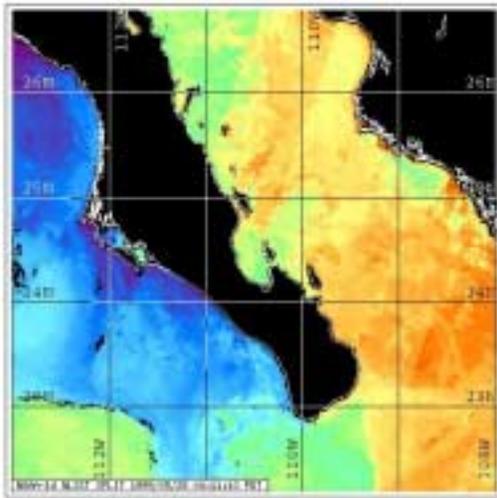


Figura F1. Mayo 1999

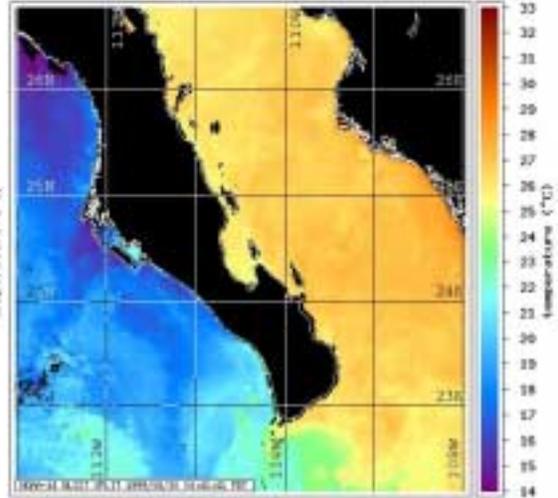


Figura F2. Junio 1999

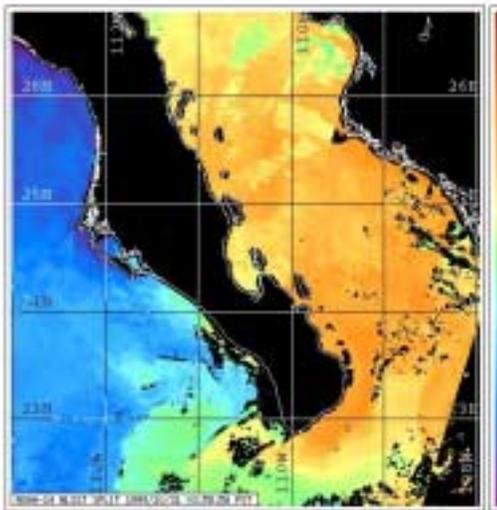


Figura F3. Octubre 1999

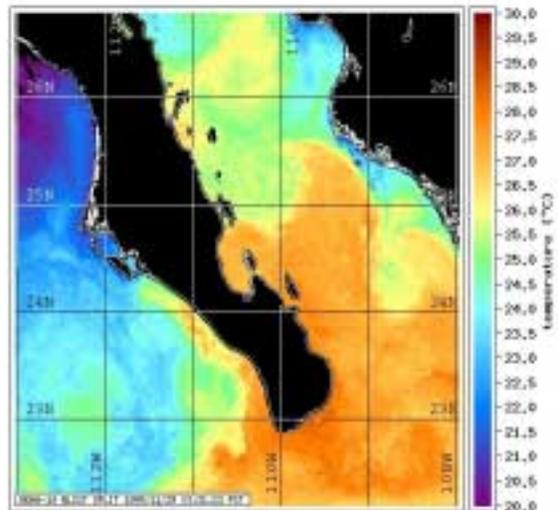


Figura F4. Noviembre 1999

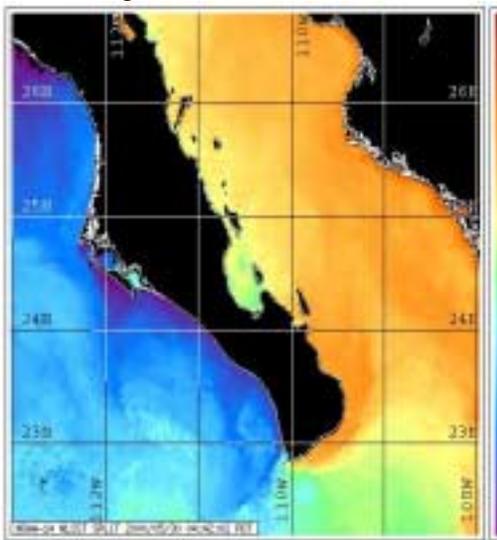


Figura F5. Mayo 2000

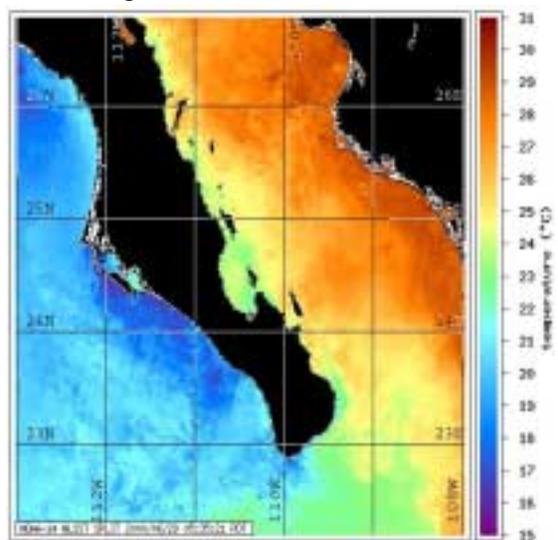


Figura F6. Junio 2000

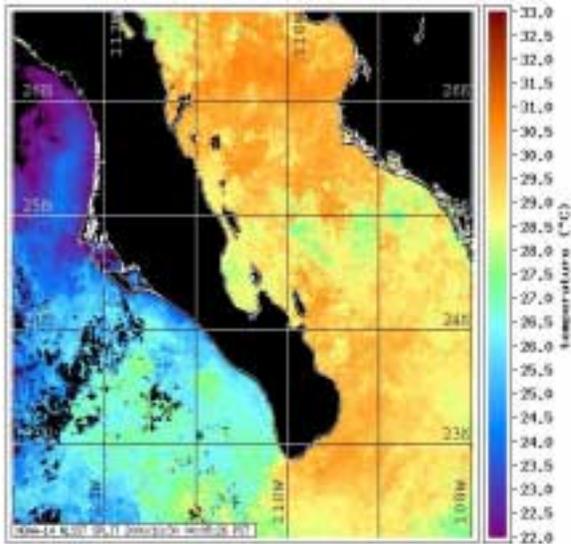


Figura F7. Octubre 2000

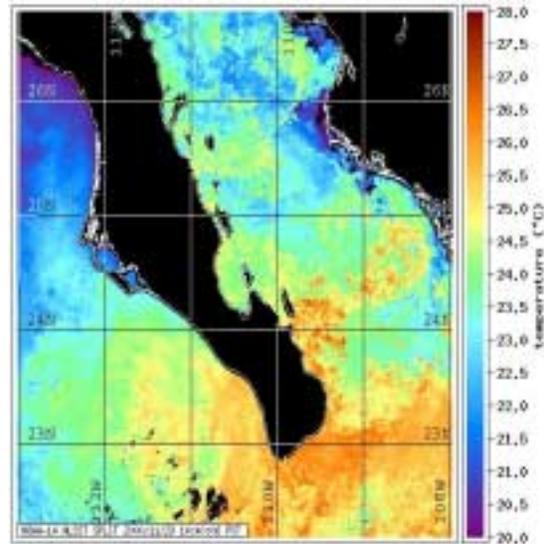


Figura F8. Noviembre 2000

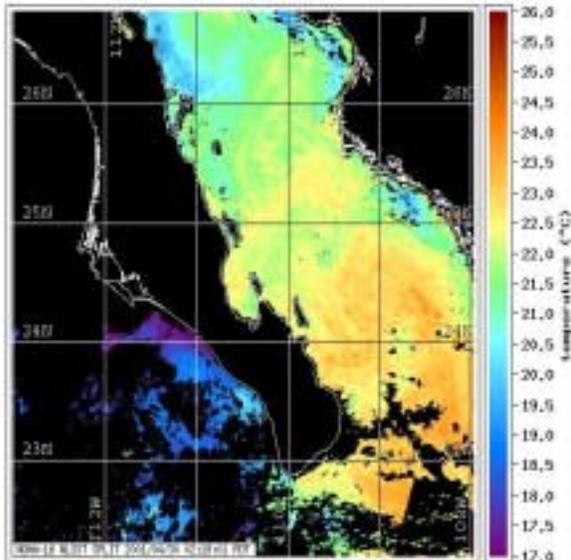


Figura F9. Abril 2001

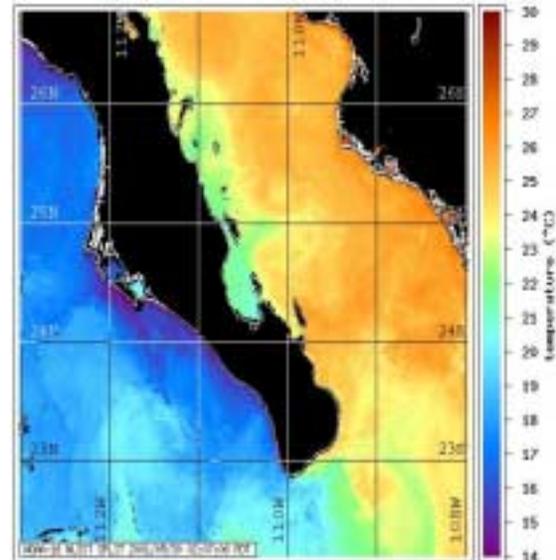


Figura F10. Mayo 2001

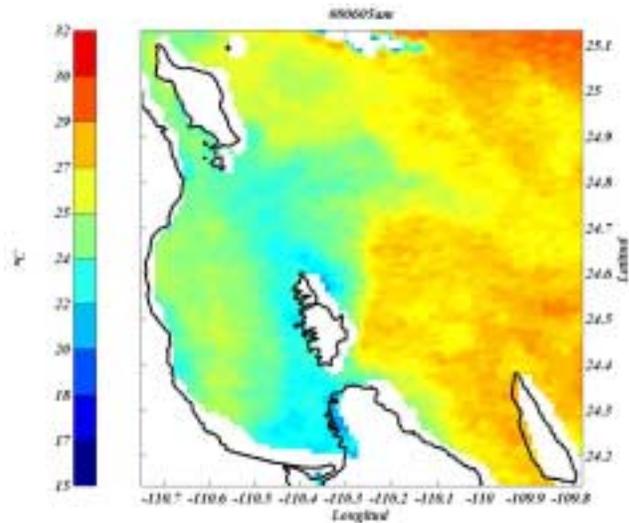


Figura F11. Imagen 5/Junio/00

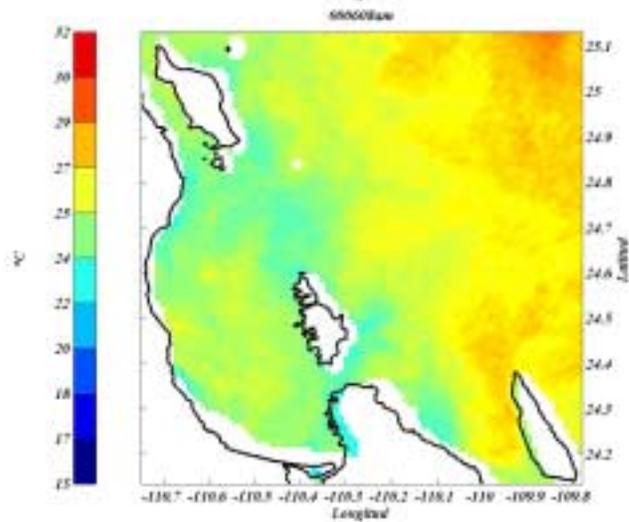


Figura F12. Imagen 8/Junio/00

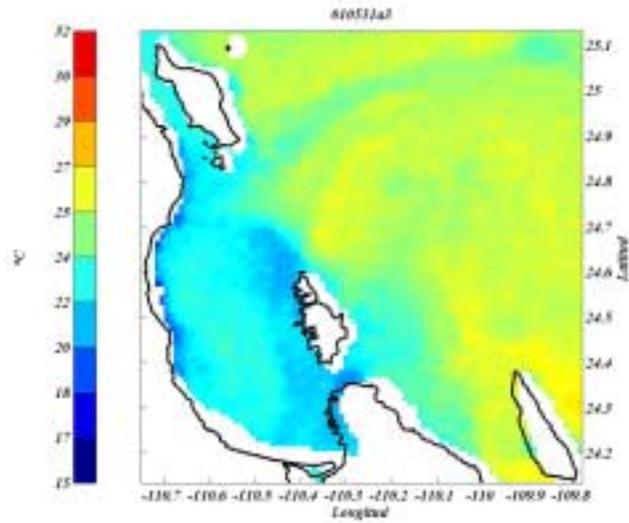


Figura F13. Imagen 31/Mayo/01

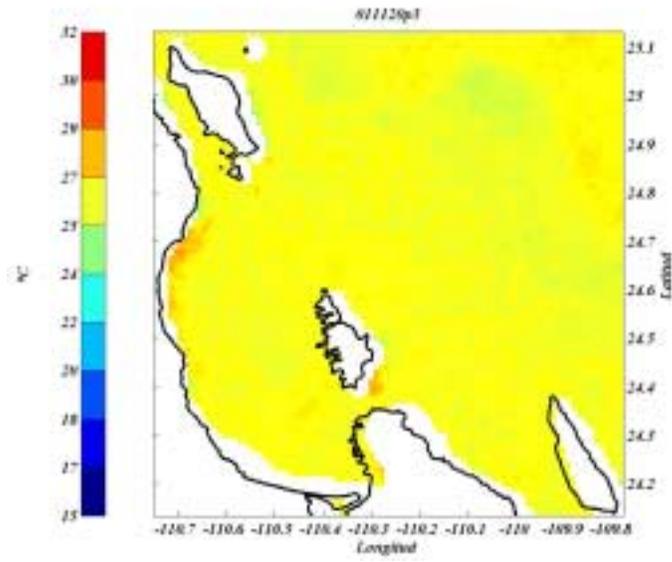


Figura F14. Imagen 20/Nov/01

APÉNDICE G

Datos de las colectas

Tabla G1. Datos de los arrastres realizados en la red de estaciones fijas durante 2001 y 2002

Fecha	Hora	Estación	Latitud	Longitud	Tipo	Diferencia flujómetro	Área boca red (m)	Biomasa húmeda (ml)	Biomasa std. (ml/1000 m ³)	TSM (C)	SSM (ups)
16/05/2001	11:00	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	2974	0.2827	39	1665.78681	24.87	35.3
16/05/2001	11:34	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	2302	0.2827	30	1655.4334	25.15	35.2
16/05/2001	12:15	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	10550	0.2827	3	36.1213998	24.9	35.21
16/05/2001	13:27	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	6111	0.2827	36.5	758.710959	22.8	35.87
16/05/2001	14:00	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	8484	0.2827	27	404.25824	24.2	35.19
16/05/2001	14:33	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	5670	0.2827	34	761.713469	24.45	35.31
18/05/2001	10:33	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	10203	0.2827	8	99.5996648	24.48	35
18/05/2001	12:43	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	7777	0.2827	2.5	40.8341657	25	35.06
18/05/2001	13:43	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	9910	0.2827	1	12.8180547	24.46	35
18/05/2001	14:30	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	9976	0.2827	17.2	219.011935	23.15	35.24
18/05/2001	15:22	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	11621	0.2827	20	218.616165	25.25	35.05
18/05/2001	09:24	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	8422	0.2827	4	60.331001	24.4	35.04
28/06/2001	11:30	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	2609	0.2827	27.5	1338.91927	27	34.95
28/06/2001	12:04	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	3431	0.2827	29	1073.67553	27.6	34.9
28/06/2001	13:25	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	3927	0.2827	6.2	200.5518	26.14	35.07
28/06/2001	09:17	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	3786	0.2827	16.5	553.603862	22.46	34.91
28/06/2001	08:45	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	7095	0.2827	29	519.207999	24.06	34.98
28/06/2001	17:30	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	5681	0.2827	30.5	681.978725	27.95	34.64
29/06/2001	14:03	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	3129	0.2827	16	649.546424	24.4	35.12
29/06/2001	11:11	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	2644	0.2827	7.5	360.325991	26.38	34.85
29/06/2001	10:19	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	1543	0.2827	7.3	600.969886	26.4	34.83
29/06/2001	03:07	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	3593	0.2827	8.5	300.509001	25.06	35.05
29/06/2001	16:47	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	4521	0.2827	2.5	70.2427132	25.76	34.99
29/06/2001	17:48	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	1129	0.2827	10	1125.12775	25.13	34.84
09/08/2001	12:34	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	7797	0.2827	8	130.334152	28	34.98
09/08/2001	13:14	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	5348	0.2827	11	261.274523	28.24	34.99
09/08/2001	14:35	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	5516	0.2827	2.3	52.9662658	28.74	34.95
09/08/2001	10:11	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	5609	0.2827	10.6	240.05801	25.78	34.81
09/08/2001	09:10	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	6190	0.2827	13	266.777059	25.93	34.84
09/08/2001	18:13	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	3828	0.2827	8.5	282.060826	28.74	35.29
10/08/2001	13:35	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	5151	0.2827	30	739.819001	27.93	34.93
10/08/2001	14:26	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	6775	0.2827	3	56.2480838	29.39	34.93
10/08/2001	10:18	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal		0.2827			27.63	34.97
10/08/2001	15:14	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	5113	0.2827	18	447.190418	27.57	34.99
10/08/2001	16:36	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	5387	0.2827	3	70.7408145	29.65	34.99

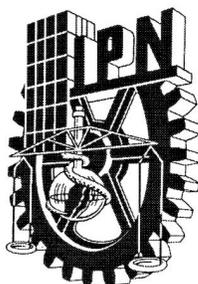
10/08/2001	17:39	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	3866	0.2827	7	230.002188	28.21	34.95
21/09/2001	11:40	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	6787	0.2827	2	37.4324216	29.34	35
21/09/2001	12:21	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	6066	0.2827	6	125.644829	29.72	35.07
21/09/2001	13:34	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	7514	0.2827	1.5	25.3580495	29.86	35.03
21/09/2001	09:15	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	7767	0.2827	10	163.546958	29.03	35.1
21/09/2001	08:35	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	7073	0.2827	10	179.594122	28.9	35.08
21/09/2001	17:16	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	8148	0.2827	35	545.648293	30.76	35.21
22/09/2001	14:00	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	6400	0.2827	1.5	29.771935	30	34.77
22/09/2001	11:52	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	8989	0.2827	0.5	7.06568709	30	34.52
22/09/2001	10:17	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	4660	0.2827	1.5	40.8884944	29.35	34.89
22/09/2001	16:10	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	7380	0.2827	18.5	318.427922	29	34.85
22/09/2001	16:51	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	8352	0.2827	5	76.0458109	30.5	34.65
22/09/2001	17:56	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	6432	0.2827	7	138.244474	30	34.89
28/10/2001	12:04	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	8979	0.2827	5	70.7355622	28.76	34.33
28/10/2001	12:44	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	9376	0.2827	6	81.2885597	28.95	34.43
28/10/2001	13:46	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	10055	0.2827	6.5	82.1158624	28.98	34.32
28/10/2001	09:39	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	8929	0.2827	6	85.3579948	28.16	34.83
28/10/2001	08:45	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	6558	0.2827	16.5	319.601132	28.1	34.77
28/10/2001	16:56	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	6503	0.2827	51	996.212986	28.24	34.35
29/10/2001	15:55	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	5769	0.2827	5.3	116.700068	28.16	34.62
29/10/2001	11:15	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	7630	0.2827	5	83.2417579	28.4	34.11
29/10/2001	10:15	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	8825	0.2827	1.5	21.5909783	28.14	34.02
29/10/2001	17:00	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	3330	0.2827	10	381.46223	28.44	34.71
28/10/2001	15:17	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	7691	0.2827	7.5	123.872308	28.25	34.31
25/11/2001	11:52	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	7149	0.2827	21.8	387.353044	27.4	34.83
25/11/2001	12:32	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	7312	0.2827	2.5	43.4309774	27.35	34.91
25/11/2001	13:36	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	6808	0.2827	5.5	102.621632	27.4	34.9
25/11/2001	09:44	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	5503	0.2827	3.6	83.0995677	26.73	34.84
25/11/2001	09:06	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	4682	0.2827	5.6	151.933098	26.5	34.97
25/11/2001	16:54	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	4821	0.2827	19.5	513.799002	26.79	34.92
24/11/2001	12:45	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	5892	0.2827	7.8	168.161914	26.8	34.57
24/11/2001	10:00	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	9641	0.2827	8.8	115.946159	26.66	35.13
23/11/2001	10:25	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	8682	0.2827	6.9	100.954361	26.8	34.98
24/11/2001	15:48	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	4977	0.2827	11	280.750683	26.93	34.72
25/11/2001	14:46	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	6485	0.2827	8.9	174.331474	26.85	34.89
25/11/2001	15:48	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	6362	0.2827	7	139.765555	26.92	34.86
08/02/2002	14:23	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	3862	0.2827	5	164.457435	20.07	35.23

08/02/2002	15:02	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	4480	0.2827	4.5	127.594007	20.03	35.22
08/02/2002	12:48	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	9289	0.2827	0.5	6.83749179	19.59	35.17
08/02/2002	17:24	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	1372	0.2827	4.2	388.857926	20.43	35.26
09/02/2002	16:26	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	1397	0.2827	4	363.71345	20.11	35.22
09/02/2002	15:48	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	1704	0.2827	12.5	931.828951	19.68	35.17
09/02/2002	11:15	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	2695	0.2827	6	282.805765	19.6	35.1
09/02/2002	10:49	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	6112	0.2827	11	228.615207	19.61	35.09
09/02/2002	09:44	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	6093	0.2827	9	187.632086	19.5	35.08
09/02/2002	12:22	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	4931	0.2827	7	180.326193	18.89	35.12
08/02/2002	11:43	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	9330	0.2827	9.5	129.341454	19.15	35.16
08/02/2002	10:31	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	9797	0.2827	3	38.8977001	19.28	35.18
10/03/2002	14:15	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	7978	0.2827	0.3	4.77664537	21.15	35.24
10/03/2002	14:47	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	7296	0.2827	1.5	26.1157324	21.3	35.32
10/03/2002	13:17	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	11446	0.2827	0.1	1.10979314	20.8	35.02
10/03/2002	16:32	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	4798	0.2827	4	105.899894	21.17	35.29
10/03/2002	17:05	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	3647	0.2827	5	174.152622	21.01	35.34
11/03/2002	17:50	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	1875	0.2827	3.2	216.792614	20.48	35.32
11/03/2002	14:10	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	5274	0.2827	19	457.624484	20.8	34.88
11/03/2002	10:55	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	7620	0.2827	18	300.063597	20.61	34.92
11/03/2002	10:00	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	8150	0.2827	0.6	9.35167528	20.58	34.84
11/03/2002	16:30	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	1205	0.2827	3	316.2496	20.97	34.93
10/03/2002	11:22	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	9267	0.2827	0.1	1.37074482	20.25	35.01
10/03/2002	10:21	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	10105	0.2827	5	62.8534995	20.7	34.81
12/04/2002	14:10	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	8493	0.2827	4	59.8266443	22.68	35.13
12/04/2002	15:10	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	6649	0.2827	0.1	1.91046657	23	35.23
12/04/2002	12:55	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	9858	0.2827	1	12.8856688	21.98	35.15
12/04/2002	17:00	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	11254	0.2827	7.2	81.268335	22.33	35.12
12/04/2002	17:35	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	9121	0.2827	16.2	225.61519	22.75	35.2
12/04/2002	08:25	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	10266	0.2827	5.6	69.2919118	21.98	35.22
13/04/2002	15:15	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	8182	0.2827	11	170.776845	22.9	35.05
13/04/2002	10:55	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	9778	0.2827	1.1	14.290204	21.97	35
13/04/2002	09:55	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	11216	0.2827	24	271.812245	21.45	35.24
13/04/2002	16:40	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	8076	0.2827	10.6	166.726768	21.73	35.23
12/04/2002	11:20	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	9907	0.2827	6.1	78.2138112	20.94	35.15
12/04/2002	10:10	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	7480	0.2827	1	16.9822089	21.08	35.21
13/05/2002	12:42	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	10101	0.2827	1.5	18.8635169	25.28	35.36
13/05/2002	13:49	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	8971	0.2827	3.5	49.559049	25.9	35.16

13/05/2002	15:01	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	7608	0.2827	3	50.0894805	26.44	35.29
13/05/2002	09:52	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	7462	0.2827	1.1	18.7254911	25	35.39
13/05/2002	09:15	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	8640	0.2827	5	73.5109506	24.51	35.26
13/05/2002	19:19	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	5484	0.2827	2.5	57.9079698	25.11	35.46
12/05/2002	16:00	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	6766	0.2827	4	75.0972052	24.94	35.27
12/05/2002	12:06	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	8116	0.2827	0.3	4.69542592	24.62	35.25
12/05/2002	10:18	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	8791	0.2827	0.2	2.88993112	24.66	35.11
12/05/2002	18:20	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	9408	0.2827	4	54.0080453	24.76	35.24
13/05/2002	16:36	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	7562	0.2827	1.3	21.8374768	24.9	35.36
13/05/2002	17:58	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	9661	0.2827	1.5	19.7226357	24.95	35.19
12/06/2002	14:00	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	6677	0.2827	0.2	3.80491007	22.69	35.3
12/06/2002	17:00	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	5100	0.2827	2	49.8144794	23	35.5
14/06/2002	13:44	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	7502	0.2827	1.5	25.3986115	24.62	35.2
13/06/2002	13:00	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	8575	0.2827	0.2	2.96272706	24	35
03/07/2002	12:28	I	N24 25.050	W110 39.765	horizontal	8067	0.2827	4.5	70.8591982	22.5	35.5
03/07/2002	13:14	II	N24 23.122	W110 40.431	horizontal	7017	0.2827	3	54.3082183	22.18	35.4
03/07/2002	14:21	III	N24 24.994	W110 33.311	horizontal	5062	0.2827	0.5	12.5471081	23.55	35.53
03/07/2002	09:50	IV	N24 11.087	W110 24.095	horizontal	9725	0.2827	5.2	67.9218506	19.94	35.4
03/07/2002	09:05	V	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	8215	0.2827	4.3	66.4900508	19.63	35.3
03/07/2002	17:41	VI	N24 12.735	W110 19.033	horizontal	8794	0.2827	2.5	36.1118156	22.08	35.5
02/07/2002	15:28	VII	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	6181	0.2827	3.2	65.7638169	24.9	35.06
02/07/2002	16:21	VIII	N24 39.216	W110 19.502	horizontal	5565	0.2827	2.4	54.7825003	26.2	35.14
02/07/2002	10:15	IX	N24 32.124	W110 18.825	horizontal	7514	0.2827	0.9	15.2148297	22.3	34.92
02/07/2002	17:09	X	N24 35.806	W110 23.994	horizontal	9990	0.2827	15	190.731115	23.92	34.77
03/07/2002	15:11	XI	N24 28.862	W110 26.068	horizontal	4716	0.2827	2.5	67.3382753	22.88	34.65
03/07/2002	16:31	XII	N24 22.560	W110 22.665	horizontal	6530	0.2827	4	77.8112849	22.55	34.72

Tabla G2. Datos de los arrastres realizados durante la presencia de tiburón ballena (2001-2002)

Fecha	Hora	Estación	Latitud	Longitud	Tipo	Diferencia flujómetro	Área boca red (m)	Biomasa húmeda (ml)	Biomasa std. (ml/1000 m ³)	TSM (C)	SSM (ups)
18/05/2001	10:33	VII-TB121	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	10203	0.2827	8	99.5996648	24.48	35
31/05/2001	16:50	III-TB123	N24 26.398	W110 35.028	horizontal	17855	0.2827	11.5	81.8151559	25.5	35.16
31/05/2001	17:10	III-TB123 (0m)	N24 26.398	W110 35.028	horizontal	9844	0.2827	7	90.327962	25.5	35.16
31/05/2001	17:20	III-TB123 (200m)	N24 26.299	W110 35.012	horizontal	10144	0.2827	7	87.6565909	25.5	35.16
01/06/2001	19:05	III-TB129	N24 26.812	W110 30.181	horizontal	10563	0.2827	10.5	126.269307	23.6	34.99
29/10/2001	15:55	VII-TB133	N24 42.092	W110 18.037	horizontal	5769	0.2827	5.3	116.700068	28.16	34.62
30/11/2001	13:54	VI-TB134(0 m)	N24 13.089	W110 18.919	horizontal	4508	0.2827	37	1042.59009	26.25	35.15
30/11/2001	14:15	VI-TB135(50 m)	N24 13.092	W110 18.950	horizontal	3457	0.2827	20	734.896862	26.25	35.15
30/11/2001	15:00	VI- (200 m)	N24 13.025	W110 18.990	horizontal	3535	0.2827	8	287.472526	25.88	35.37
30/11/2001	15:32	VI- (300 m)	N24 12.972	W110 19.049	horizontal	3987	0.2827	10	318.602765	25.88	35.37
14/11/2002	12:40	IV-TB138(0 m)	N24 10.625	W110 23.817	horizontal	7853	0.2827	26.5	428.653183	26	
14/11/2002	13:00	IV-TB138(100 m)	N24 10.663	W110 23.854	horizontal	8194	0.2827	20.5	317.799843	26	
14/11/2002	13:43	TB139 (4km)	N24 11.155	W110 26.946	horizontal	8550	0.2827	144	2139.4008	26	
15/11/2002	14:30	TB140(0 m)	N24 10.940	W110 25.676	horizontal	8307	0.2827	14	214.081728	26	
15/11/2002	15:35	TB141(800 m)	N24 10.889	W110 25.194	horizontal	10248	0.2827	71.5	886.26317	26	
15/11/2002	12:50	IV- (3 km)	N24 10.625	W110 23.817	horizontal	9788	0.2827	12	155.733865	26	
15/11/2002	16:21	V- (5 km)	N24 10.916	W110 22.340	horizontal	6385	0.2827	26	517.259199	25.8	



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de LA PAZ, B.C.S., el día 14 del mes Noviembre del año 2003, el (la) que suscribe JAMES THOMAS KETCHUM MEJÍA alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A010130 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA y cede los derechos del trabajo titulado: "DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL Y ECOLOGÍA ALIMENTARIA DEL TIBURÓN BALLENA (*Rhincodon typus*) EN LA BAHÍA DE LA PAZ Y ZONAS ADYACENTES EN EL SUROESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

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

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

JAMES THOMAS KETCHUM MEJÍA

nombre y firma

James Ketchum Mejía