



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE BAJA CALIFORNIA**



**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**

**RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA ZOOPLÁNTICA Y  
LOS AVISTAMIENTOS DE TIBURÓN BALLENA (*Rhincodon  
typus*; Smith, 1828) EN BAHÍA DE LOS ÁNGELES, B.C.  
MÉXICO**

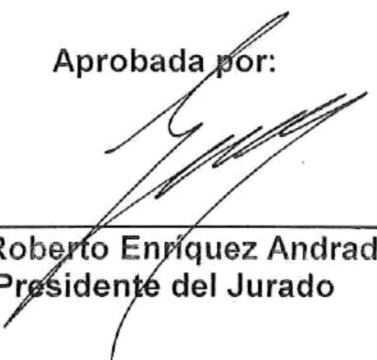
**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
O C E A N O L O G O  
PRESENTA:  
BLANCA MÓNICA GARCÍA GARCÍA**

**ENSENADA, B.C. MÉXICO, DICIEMBRE DEL 2002**

**“RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA ZOOPLÁNCTICA Y LOS  
AVISTAMIENTOS DE TIBURÓN BALLENA (*Rhincodon typus*; Smith, 1828)  
EN BAHÍA DE LOS ÁNGELES, B.C., MÉXICO”**

**T E S I S  
QUE PRESENTA:  
BLANCA MÓNICA GARCÍA GARCÍA**

Aprobada por:




---

**Dr. Roberto Enriquez Andrade  
Presidente del Jurado**



---

**Dr. Antonio Trujillo Ortiz  
Sinodal Propietario**



---

**M.C. Jose Antonio E. Almanza Heredia  
Sinodal Propietario**

## RESUMEN

Actualmente se desean impulsar diversas actividades ecoturísticas basadas en los avistamientos de tiburón ballena en Bahía de los Ángeles, B.C. mediante un desarrollo ordenado. Para lograr el aprovechamiento sustentable de la especie y el beneficio económico a largo plazo de las localidades que ejercen tales actividades, es necesario el conocimiento de ciertos parámetros biológicos básicos. Este trabajo pretende hacer una aportación en este sentido, e incrementar el conocimiento científico acerca del tiburón ballena y de su hábitat temporal en Bahía de los Ángeles, generando información que pueda ser aplicable a los esfuerzos de manejo y conservación de la especie.

Con el propósito de establecer si los avistamientos del tiburón ballena dentro de Bahía de los Ángeles, B.C. se encuentran relacionados con la biomasa zoopláctica de la zona se realizó un muestreo no probabilístico del 3 al 7 de noviembre del 2001. Con el fin de comparar las concentraciones del zoopláncton y las abundancias del grupo de copépodos en sitios de avistamiento vs sitios de no avistamiento el área de estudio se dividió en dos zonas. La zona 1, que comprende el área donde se presentan frecuentemente los avistamientos del tiburón ballena y la zona 2 que comprende el área donde los avistamientos son menos frecuentes. La zona 1 (parte sur de la bahía) presentó las mayores concentraciones de zooplancton y las mayores abundancias de copépodos, siendo este el grupo más representativo. Además, fueron comparadas las muestras donde ocurrieron avistamientos de tiburón ballena y donde no ocurrieron; así como las muestras donde se avistó a *R. typus* alimentándose y sin alimentarse, las máximas concentraciones de la biomasa zoopláctica y de la abundancia de copépodos fueron observadas en las muestras donde se presentó un mayor número de avistamientos de tiburón ballena y donde éste se alimentaba. Dadas las observaciones anteriores y debido a que más del 70% de los avistamientos de *R. typus* en el periodo de muestreo fueron realizados mientras se alimentaba, se sugiere que la alta disponibilidad zoopláctica es un factor fundamental para que se realicen avistamientos del tiburón ballena dentro de la bahía. Además de ser un factor determinante para que *R. typus* se congregue en Bahía de los Ángeles de manera temporal.

# Agradecimientos

Gran parte de esta tesis fue posible gracias al apoyo y confianza de investigadores, profesores, estudiantes, amigos y familiares.

Por todo su apoyo para hacer posible este trabajo al Dr. Roberto Enríquez. Al Dr. Antonio Trujillo por proporcionarme el material de muestreo en un momento crítico y por su ayuda durante el análisis estadístico. A la Doctora Berha Lavaniegos, por facilitarme el uso del laboratorio de zooplancton para el análisis de las muestras. Al M.C Antonio Almanza, por sus comentarios y su buena disposición durante la elaboración de esta tesis.

Gracias a Clara y a Guillermo por su instrucción y paciencia en el laboratorio. A Natalie y Nirari por su enorme ayuda durante el muestreo y por proporcionarme gran parte del material bibliográfico. Al M.C. Juan Vaca por su ayuda en la elaboración del material cartográfico.

A Jorge Simental, Lorena Guerrero, Miriam Morales y Eneas Aguirre por su ayuda tanto académica como moral durante la carrera.

Muchísimas gracias a Laura Luna, a Emmanuel de la Garza, a Fernanda Samaniego, y a Mariana Martínez por brindarme lo más valioso, su amistad, su amor y su confianza, por siempre tenerme paciencia, y por a pesar de estar lejos siempre estar junto a mí.

Finalmente agradezco de manera infinita mis papas, Mario y Guadalupe y a mis hermanos, Mario, Lalo y Claudia por siempre brindarme su apoyo en los últimos 24 años.

# Índice general

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                       | <b>1</b>  |
| 1.1. GENERALIDADES DE LA ESPECIE .....             | 1         |
| 1.2. ESTADO TAXONÓMICO.....                        | 3         |
| 1.3. ALIMENTACIÓN.....                             | 4         |
| 1.3.1. <i>Conducta alimentaria</i> .....           | 4         |
| 1.3.2. <i>Anatomía digestiva</i> .....             | 6         |
| 1.4. ESTATUS POBLACIONAL.....                      | 7         |
| 1.5. PROBLEMÁTICA .....                            | 8         |
| <br>   |           |
| <b>2. ANTECEDENTES.....</b>                        | <b>9</b>  |
| 2.1. AVISTAMIENTOS DE TIBURÓN BALLENA .....        | 9         |
| 2.2. JUSTIFICACIÓN.....                            | 11        |
| <br>   |           |
| <b>3. HIPÓTESIS DE TRABAJO .....</b>               | <b>13</b> |
| <br>   |           |
| <b>4. OBJETIVOS .....</b>                          | <b>13</b> |
| 4.1. GENERAL.....                                  | 13        |
| 4.2. PARTICULARES.....                             | 13        |
| <br>   |           |
| <b>5. ÁREA DE ESTUDIO .....</b>                    | <b>14</b> |
| 5.1. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA.....                   | 14        |
| 5.2. CLIMATOLOGÍA.....                             | 14        |
| 5.3. OCEANOGRAFÍA .....                            | 16        |
| 5.3.1. <i>Hidrografía y Productividad</i> .....    | 16        |
| 5.3.2. <i>Circulación Marina</i> .....             | 17        |
| <br>   |           |
| <b>6. METODOLOGÍA .....</b>                        | <b>18</b> |
| 6.1. DISEÑO DEL MUESTREO .....                     | 18        |
| 6.2. COLECTA DE MUESTRAS.....                      | 19        |
| 6.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO.....                  | 24        |
| 6.3.1. <i>Determinación de la biomasa</i> .....    | 24        |
| 6.3.2. <i>Determinación de la abundancia</i> ..... | 24        |
| 6.3.3. <i>Análisis estadístico</i> .....           | 25        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>7. RESULTADOS .....</b>                           | <b>25</b> |
| 7.1. AVISTAMIENTOS .....                             | 25        |
| 7.1.1. <i>Observaciones de tiburón ballena</i> ..... | 25        |
| 7.1.2. <i>Escala Beaufort</i> .....                  | 27        |
| 7.1.3. <i>Temperatura</i> .....                      | 28        |
| 7.2. BIOMASA ZOOPLÁNTICA.....                        | 29        |
| 7.3. COMPOSICIÓN DEL ZOOPLANCTON .....               | 33        |
| <br>   |           |
| <b>8. DISCUSIONES .....</b>                          | <b>37</b> |
| 8.1. AVISTAMIENTOS .....                             | 37        |
| 8.2. BIOMASA ZOOPLÁNTICA.....                        | 41        |
| 8.3. COMPOSICIÓN DEL ZOOPLANCTON .....               | 43        |
| <br>   |           |
| <b>9. CONCLUSIONES.....</b>                          | <b>44</b> |
| <br>   |           |
| <b>10. RECOMENDACIONES .....</b>                     | <b>46</b> |
| <br>   |           |
| <b>11. REFERENCIAS.....</b>                          | <b>47</b> |
| <br>   |           |
| Apéndice A .....                                     | 49        |
| Apéndice B .....                                     | 50        |

## Lista de Figuras

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Figura 1  | Tiburón ballena.....  | 2  |
| Figura 2  | Distribución del tiburón ballena.....   | 3  |
| Figura 3  | Localización geográfica del área de estudio.....  | 15 |
| Figura 4  | Predicción de la circulación superficial durante la condición<br>de invierno.....   | 18 |
| Figura 5  | Delimitación del área de muestreo.....  | 20 |
| Figura 6  | Transectos utilizados para los avistamientos del tiburón ballena.....   | 21 |
| Figura 7  | Mapa batimétrico con los puntos de muestre.....   | 23 |
| Figura 8  | Porcentaje de tiburones que parecían alimentarse.....   | 26 |
| Figura 9  | Avistamientos realizados por cada día de colecta.....   | 27 |
| Figura 10 | Porcentaje de la escala Beaufort presente durante los avistamientos..   | 28 |
| Figura 11 | Concentración de la biomasa zoopláncica en la zona 1 y<br>la zona 2.....  | 31 |
| Figura 12 | Concentración de la biomasa zoopláncica para las muestras<br>donde se avistó al tiburón ballena y donde no fue avistado<br>dentro de la zona 1..... | 32 |
| Figura 13 | Concentración de la biomasa zoopláncica para las muestras donde<br>se observó al tiburón ballena alimentarse y donde no se alimentaba...33          | 33 |
| Figura 14 | Abundancia de los grupos más representativos.....   | 34 |
| Figura 15 | Abundancia de copépodos en la zona 1 y la zona 2.....   | 34 |
| Figura 16 | Abundancia de copépodos para las muestras donde se avistó al<br>tiburón ballena y donde no se avistó dentro de la zona 1.....                       | 35 |
| Figura 17 | Abundancia de copépodos de las muestras donde se avistó al<br>tiburón ballena alimentándose y donde no se alimentaba.....                           | 36 |
| Figura 18 | Porcentaje de abundancia de copépodos.....  | 36 |

## Lista de Tablas

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabla I    | Transectos utilizados en la parte sur de la bahía.....                      | 22 |
| Tabla II   | Transectos utilizados en la parte media de la bahía.....                    | 22 |
| Tabla III  | Transectos utilizados en la parte norte de la bahía.....                    | 22 |
| Tabla IV   | Especificaciones para la escala Beurot observada.....                       | 28 |
| Tabla V    | Especificaciones de las temperaturas para cada avistamiento.....            | 29 |
| Tabla VI   | Especificaciones de los avistamientos para las muestras de la zona 1.....   | 29 |
| Tabla VII  | Especificaciones de los avistamientos para las muestras de la zona 2.....   | 30 |
| Tabla VIII | Concentración de la biomasa zoopláctica para las muestras de la zona 1..... | 30 |
| Tabla IX   | Concentración de la biomasa zoopláctica para las muestras de la zona 2..... | 31 |
| Tabla X    | Grupos encontrados en el análisis de composición.....                       | 33 |

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Generalidades de la especie

El tiburón ballena, *Rhincodon typus* (Smith, 1828), es el pez de mayor tamaño en el mundo; aunque su longitud promedio es de 15 m, algunos de estos organismos pueden alcanzar longitudes de hasta 18 metros (Kukuyev, 1996), *R. typus* se caracteriza por poseer una cabeza aplanada, una boca amplia, agallas grandes, una aleta dorsal prominente y una aleta caudal semi-lunada. Presenta un patrón de manchas y puntos más claros que el transfondo de la piel, y aunque la función de este patrón de marcas distintivo en el cuerpo es desconocido, se cree que es utilizado como camuflaje (Clark y Doubilet, 1992).

El tiburón ballena es un pez filtrador que se alimenta principalmente de zooplancton y peces pequeños (Gudger, 1941; Fitch, 1951; Clark y Nelson, 1997, Colman, 1997; Eckert y Stewart, 2000). Es considerado un animal solitario; sin embargo, puede exhibir agrupaciones masivas de más de 100 individuos o mostrar asociaciones pequeñas de 5 a 20 organismos (Beckley *et al.*, 1997, Colman, 1997). *R. typus* posee una distribución amplia en mares con temperaturas templadas y tropicales, localizándose entre los 30°N y los 35°S; tanto en aguas oceánicas como costeras (Figura 2), exceptuando el Mar Mediterráneo (Colman, 1997; Wolfson, 1983). El rango normal de temperatura asociado con la especie es entre los 28°C y los 32°C, aunque algunos autores reportan que puede permanecer en profundidades de 240 m con temperaturas menores de 10°C (Eckert y Stewart, 2000). Seguimientos con satélite han demostrado que *R. typus* es una especie altamente migratoria, aunque sus movimientos geográficos no han podido ser definidos con exactitud (Eckert y Stewart, 2000).

Su desplazamiento puede asociarse a la búsqueda de sitios con alta productividad primaria, a la distribución de presas y a cambios de temperatura (Burks y Mullin, 1999). En el Golfo de California la ocurrencia de *R. typus* ha sido relacionada con explosiones del material zoopláctico, y por lo tanto con la disponibilidad temporal de alimento en sus litorales (Clark y Nelson, 1997).

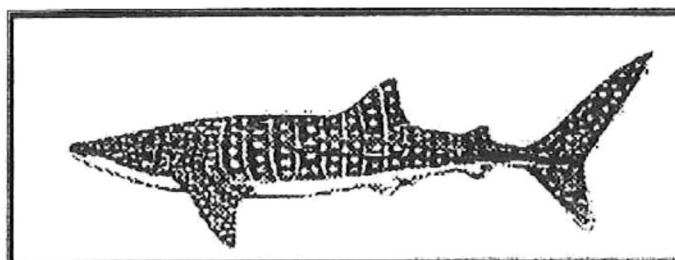


Figura 1. Tiburón ballena

Al igual que otros tiburones grandes, el tiburón ballena presenta una estrategia de vida tipo "K": crecimiento lento, tamaño prominente, madurez tardía, intervalos largos entre reproducción y longevidad extensa; características que lo hacen especialmente vulnerable a la explotación (Colman, 1997).

La literatura sobre tiburón ballena es extensa, pero consiste principalmente de registros sobre avistamientos, anécdotas, reportes, revisiones especulativas sobre patrones de distribución y movimientos, por lo que es bastante limitada en lo que se refiere a su biología, alimentación y comportamiento. Gran parte de este material es superficial en contenido y de limitado uso científico (Colman, 1997). A pesar de que *R. typus* es una de las especies más grandes y cosmopolitas, es pobremente estudiada y se desconocen muchos aspectos sobre su historia de vida, por lo cual el impacto de las actividades antropogénicas sobre las poblaciones de tiburón ballena es poco conocido.

En el ámbito mundial la disponibilidad del hábitat para esta especie no es considerada una limitante, a menos que estos se encuentren asociados a concentraciones temporales de alimento y zonas de reproducción. Alava *et al.* 1997, señalan que diversos hábitat críticos para la especie que incluyen arrecifes de coral, áreas someras cercanas a estuarios y bocas de ríos son altamente vulnerables a la contaminación, el desarrollo antropogénico y otras actividades humanas y que sólo pocos de los hábitat temporales específicos de *R. typus* han sido estudiados con el fin de evaluar su situación, las amenazas y los factores ambientales que son importantes para la supervivencia de la especie.

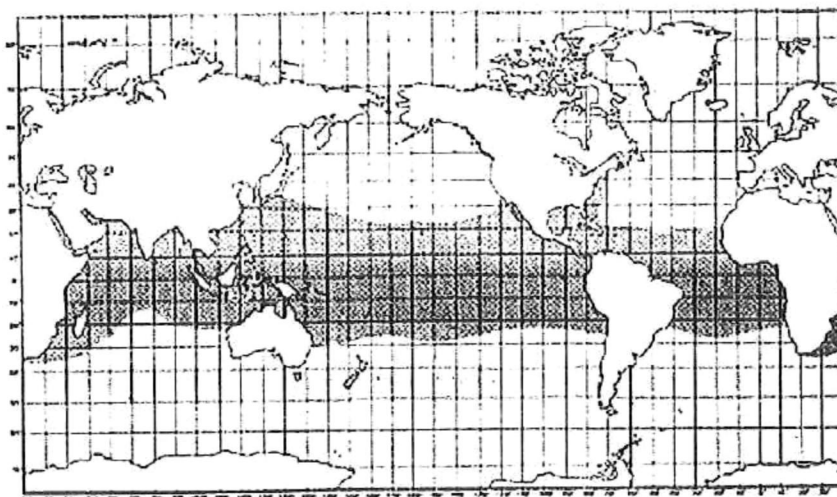


Figura 2. Distribución del tiburón ballena (gris oscuro).

## 1.2. Estado taxonómico

El tiburón ballena fue descrito y nombrado por primera vez por el Dr. Andrew Smith, cuando un espécimen fue arponeado en Table Bay, Sudáfrica en 1828. Históricamente, el género y la especie eran considerados como sinonimia, hasta que en 1984 la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica suprimió estas variaciones a favor del género *Rhincodon* y la familia Rhincodontidae. Sin embargo, en

algunas ocasiones se siguen empleando los nombres genéricos *Rhiniodon* y *Rhineodon* (Colman,1997). La familia Rhincodontidae incluye una sola especie *Rhincodon typus*, que se encuentra localizada en el Orden de los Orectolobiformes, la mayoría de los miembros de este Orden son especies pequeñas de hábitos bénticos, generalmente con una distribución limitada dentro de aguas templadas y tropicales en el Indo-Pacífico. El tiburón ballena es la única especie pelágica dentro del Orden, y el único miembro que se alimenta de plancton (Fowler, 2000), pertenece a la subclase de los Elasmobranchios y a la clase de los Chondrichthios.

### **1.3. Alimentación**

#### **1.3.1. Conducta alimentaria**

Compagno (1984) describe dos tipos de alimentación para *R. typus*. El primero consiste en un mecanismo de succión que realiza de forma estacionaria durante la filtro-alimentación, ya sea adoptando una posición horizontal o vertical en la cual abre la boca para succionar a las presas, posteriormente cierra la faringe y expulsa el agua a través de las agallas, mientras filtra las partículas del agua. El otro tipo de alimentación ocurre cuando el animal nada con la boca abierta succionando durante periodos cortos de 12 a 13 segundos cada vez.

Clark y Doubilet (1992) delinean someramente la conducta de alimentación del tiburón ballena en el Arrecife Ningaloo Australia durante la presencia de explosiones pláncticas. Los tiburones buscan el alimento nadando hacia éste lánguidamente, aceleran la velocidad y abren la boca conforme se acercan a la presa, moviendo sincrónicamente la cabeza de lado a lado. Algunas veces se detienen por completo,

quedando suspendidos con la cola hacia abajo, moviéndola mientras succionan el alimento.

Clark y Nelson (1997) hacen una descripción del modo de alimentación durante una explosión de copépodos en la Bahía de la Paz, B.C.S. En este caso, el comportamiento alimenticio del tiburón ballena se produce en la superficie, con un desplazamiento lento durante el cual el tiburón ballena abre la boca con la mitad por arriba del nivel del agua, manteniéndola en esa posición durante varios segundos ingiriendo agua y plancton. En el momento de cerrarla la boca, se produce la abertura de las branquias externas, simultáneamente, el tiburón ballena realiza movimientos de la cabeza hacia la izquierda o derecha. Algunas observaciones posteriores de tiburones ballena sin evidencia de una explosión pláncica, demuestran un modo de alimentación ligeramente distinto al descrito anteriormente (Clark y Nelson, 1997), a una profundidad entre 0.5 y 3 m, manteniendo la boca abierta entre 40 y 50 cm, sin movimientos de cabeza, conservando una postura y curso firme.

Otra forma de alimentación fue documentada en el norte del Golfo de México donde varios especímenes de *R. typus* fueron vistos en el centro de un banco de atún (Hoffman, *et al.*, 1981; Clark y Nelson, 1997). La cabeza del tiburón salía aproximadamente 1 m fuera del nivel del agua, hundiéndose lentamente hasta que la boca se encontraba al nivel de la superficie succionando agua y peces. Posteriormente, se desplazaba hacia arriba expulsando el agua por sus agallas. Este modo de alimentación por succión parece relacionarse a organismos juveniles alimentándose de plancton en la superficie (Clark y Nelson, 1997).

En diversos lugares como el arrecife Ningaloo, el Golfo de California y el arrecife Gladen Spit en Belice; se ha documentado la aparición del tiburón ballena

después de desoves masivos de corales o peces (Taylor, 1996; Clarck y Nelson, 1997; Heyman, 2001; Burks y Mullin, 1999).

Se cuestiona la forma en que el tiburón ballena detecta las nubes de los desoves de los peces y los corales. Sin embargo, se sugiere que algunas formas de detectarlo pueden ser la estacionalidad, la visibilidad, la audición y el sentido olfativo. Clarck y Nelson (1997) sugieren que el sentido olfativo es más fuerte que el visual para localizar la comida.

En el arrecife Gladden Spit se ha observado que los tiburones ballena nadan cerca de una gran cantidad de burbujas que son emitidas por los buceadores; estas burbujas son similares a las nubes blancas producidas en los desoves. Se cree que los tiburones ballena pueden detectar el sonido producido durante el desove de las escuelas de peces a grandes distancias y así localizarlos. Actualmente se utilizan hidrófonos para verificar esta hipótesis (Heyman *et al.*, 2001).

### **1.3.2. Anatomía digestiva**

A diferencia de otros tiburones, la boca del tiburón ballena se localiza en la parte frontal de la cabeza y en cada una de las mandíbulas posee más de 3000 dientes pequeños cubiertos por un velo delgado de piel. A lo largo de la faringe existen cursos para la salida del agua que se dirigen hacia las diez aperturas branquiales; la parte superior y lados de la faringe forman una compleja "coladera" gigante, compuesta de cinco pares de placas branquiales o rejillas de cartílago que eliminan la posibilidad de que un organismo pequeño escape por las branquias. Las placas se encuentran cubiertas por un material esponjoso con orificios de aproximadamente unos 0.25 cm. Cuando la boca del tiburón ballena se cierra, estas placas branquiales bajan detrás de

la lengua y expulsan el agua a través del material esponjoso fuera de las aperturas branquiales. Casi simultáneamente, la parte posterior de la faringe se abre y el alimento pasa al enorme y elástico estómago cardíaco. Posteriormente, una sustancia líquida y viscosa pasa a través de un estómago pilórico inelástico, mucho más pequeño, al interior del intestino. Los objetos grandes que son tragados accidentalmente son expulsados del estómago cardíaco por medio de un proceso de revertimiento gástrico en el cual el tiburón vacía su estómago volteándolo hacia fuera de forma que dicho objeto sale por la boca; ulteriormente, el estómago recupera su forma y su posición (Clark y Doubilet, 1992).

#### **1.4. Estatus poblacional**

*R. typus* es una especie considerada "vulnerable" de acuerdo con las categorías de la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; 1996, 2002) basados en esta clasificación el tiburón ballena se encuentran en riesgo de extinción en el medio natural en un futuro de mediano plazo.

Actualmente existe una propuesta para incluir a *R. typus* dentro del Apéndice II de la Convención Internacional para el Tráfico de Especies en Peligro. Dicho Apéndice contiene especies que requieren de monitoreo y regulación global del comercio para asegurar su supervivencia.

En nuestro país, *R. typus* se encuentra protegido por la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001) la cual incluye al tiburón ballena dentro de la categoría de especie "amenazada"; lo que significa que se encuentra en riesgo de extinción a mediano plazo.

## 1.5. Problemática

Tradicionalmente, el tiburón ballena fue pescado para obtener el aceite de su hígado, utilizado como impermeabilizante para embarcaciones de madera. En años recientes, la demanda por su carne y aletas se ha incrementado en el ámbito internacional. Taiwán es el principal consumidor de carne de tiburón ballena y sus aletas se comercializan en China, Taiwán y Singapur. La pesca furtiva en el oriente intenta suplir sin éxito la exportación ilegal de carne desde Taiwán y Hong Kong hacia las Filipinas, donde la especie se encuentra protegida.

Está bien documentado que las pesquerías de tiburones grandes se han colapsado después de relativamente pocos años de explotación intensiva, y aunque actualmente se desconoce el número exacto de tiburones ballena en el mundo (Clark y Doubilet, 1992), existe la certeza de que sus poblaciones están declinando. La pesca sin control del tiburón ballena en algunas regiones del mundo pudiera representar la principal amenaza para la especie. Si bien, en algunos lugares se ha prohibido la pesquería y se ha sustituido por actividades de ecoturismo, la pesca en otras regiones continúa siendo una práctica común. Actualmente se desconoce hasta que grado la pesquería de una región afecta poblaciones de otras áreas; sin embargo, el hecho de que esta especie migre grandes distancias sugiere que los efectos pudieran no ser solo locales (U.S. Fish and Wildlife Service, 2000).

Por otro lado, las operaciones ecoturísticas basadas en avistamientos de tiburón ballena se han incrementado en los últimos años. Estas actividades sobre *R. typus* son en algunas localidades una industria multimillonaria con gran potencial para

fomentar un desarrollo sustentable. En ciertos lugares donde la ocurrencia de tiburón ballena parece ser predecible como el arrecife Ningaloo, las islas Galápagos, las islas del mar de Andaman en la costa oeste de Tailandia y el Golfo de California al oeste del Pacífico; las poblaciones de *R. typus* son aprovechadas por parte de los operadores de turismo comercial (Colman, 1997). El caso más consistente sobre manejo de tiburón ballena se lleva a cabo en el Parque Marino de Ningaloo, en donde se presenta una agregación de tiburones ballena de marzo a mayo de cada año. En este caso, en particular existe una acción dirigida por el gobierno de Australia para la protección de la especie, la cual se basa en una regulación oficial que establece ciertas medidas y normas para el aprovechamiento y la protección de la especie. Sin embargo, en la mayoría de las localidades donde se ejerce este tipo de actividades el impacto sobre las poblaciones de tiburón ballena es poco conocido.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. Avistamientos de tiburón ballena**

Taylor (1996) realizó un conteo aéreo entre 1989 y 1992, demostrando que un gran número de tiburones ballena se congregan en el arrecife Ningaloo un poco después de que los corales exhiben un desove masivo. A este evento le sucede una explosión pláncica de eufáusidos y bancos de anchovetas que atraen a diversos plactívoros entre los que se encuentran ballenas barbadas, tiburón ballena, mantas y otros peces (Clark y Doubilet, 1992; Clark y Nelson, 1997). El mismo autor reporta hasta 36 tiburones en un día, con una densidad estimada de 4 tiburones por km<sup>2</sup>.

En noviembre de 1993, en la Bahía de la Paz, B.C.S., se documentó por medio de video grabación y de fotografía la congregación de 7 especímenes juveniles del tiburón ballena para alimentarse durante una manifestación plánctica del copépodo *Acartia clausi* (Clark y Nelson, 1997).

En un estudio realizado entre 1989 y 1998 en la parte norte del Golfo de México, Burks y Mullin (1999) corroboran la presencia del tiburón ballena cerca de los bancos Flower Garden durante el desove de coral, contando un total de 124 individuos.

En Belice, el tiburón ballena se puede observar durante los meses de abril a mayo en el arrecife Gladen Spit (Heyman *et al.*, 2001) asociado a desoves de peces coralinos. Estas observaciones fueron realizadas por un período de dos años por lo que parece predecible su presencia durante estos eventos.

De acuerdo con Beckey *et al.* (1997), en el litoral de Sudáfrica los avistamientos de *R. typus* se sitúan en el verano austral, observándose un pico en el mes de diciembre, con una población temporal estimada en el área de aproximadamente 100 individuos.

En la costa de Texas, la estancia regular del tiburón ballena se ubica durante los meses de verano (Hoffman *et al.*, 1981).

Chang *et al.* (1997) ubican la presencia de *R. typus* en la costa este de Taiwán durante los meses de octubre a enero; mientras que en la costa oeste su permanencia se limita a los meses del verano.

En las demarcaciones del Mar Bohol en las Filipinas, el comienzo de la actividad plánctica es un anuncio del arribo del tiburón ballena para los pescadores. Durante su residencia (diciembre a junio), se alimenta esencialmente de krill y anchovetas (Alava *et al.*, 1997).

Wolfson (1987) realiza una revisión de referencias, anécdotas y avistamientos del tiburón ballena en la costa de Baja California a partir de la mitad del siglo XIX. Se trata de una recopilación de puntos de observación relacionada con asentamientos humanos, pero ningún patrón de desplazamiento es evidente dentro de esta área.

Fitch (1951) informa sobre el avistamiento de un tiburón ballena alimentándose en un banco de sardinas cerca de la Isla Coronado, en la costa del Pacífico de Baja California, el registro más norteño en esta costa.

En diferentes localidades del Golfo de California (Bahía San Luis Gonzaga, Bahía de los Ángeles, Bahía de la Paz, El Bajo Espíritu Santo y Banco Gordo) se han reportado concentraciones temporales del tiburón ballena (Wolfson y Notarbartolo di Sciara, 1987; Eckert y Stewart, 2000).

Wolfson y Notarbartolo di Sciara (1987) marcan la presencia del tiburón ballena en el Golfo de California entre los meses de abril a septiembre.

En el sur de Baja California, de La Paz a Cabo San Lucas se observa el mayor número de avistamientos durante los períodos de mayo a junio, y de octubre a noviembre (Clark y Nelson, 1997).

## **2.2. Justificación**

La Ley General de Vida Silvestre busca desarrollar lineamientos que enmarcan la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, para propiciar un aprovechamiento sustentable. Dicho principio atributivo se plantea como un incentivo para la conservación, permitiendo el desarrollo de actividades económicas. Esta Ley da especial atención al tema de aprovechamiento no extractivo, en particular lo referente al llamado ecoturismo, que si bien representa una fuente de oportunidades para la población de nuestro país, también puede representar riesgos eventuales para la

conservación de la vida silvestre y su hábitat, especialmente cuando se carece de un entendimiento claro de la problemática y los factores biológicos y ambientales que rodean estos recursos.

En algunas localidades como Bahía de los Ángeles, donde los patrones de aparición anuales del tiburón ballena son predecibles, parece existir una demanda que genera oportunidades de desarrollo para la industria local del ecoturismo.

Actualmente se desea impulsar las actividades ecoturísticas basadas en los avistamientos de tiburón ballena en Bahía de los Ángeles, B.C., mediante un desarrollo ordenado que asegure la protección de la especie y que contribuya a continuar con una actividad económica de alto potencial que permita mejorar la calidad de vida a los pobladores de la región. Con este propósito, el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. financia un proyecto que realiza la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC en colaboración con el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California y que tiene como objetivos la determinación de la distribución y la abundancia de la especie, el conocimiento de los parámetros biológicos básicos que son importantes para la conservación de la especie, así como realizar un diagnóstico de las actividades turísticas y de sus potenciales amenazas para el tiburón ballena dentro de Bahía de los Ángeles. Este trabajo forma parte de dicha investigación y proyecta realizar una aportación al conocimiento básico de la ecología del tiburón ballena en Bahía de los Ángeles mediante el estudio de la relación que tienen los avistamientos del tiburón ballena con su principal fuente de alimento: el zooplánton. Se espera que esta información pueda ayudar en los esfuerzos de manejo y conservación de la especie, pues consideramos que el entendimiento del porqué y como el tiburón ballena utiliza la bahía es crítico para un manejo efectivo de la especie.

### 3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Se propone que la zona en la cual los avistamientos de tiburón ballena son más frecuentes dentro de Bahía de los Ángeles (zona 1), está relacionada a concentraciones mayores de la biomasa zoopláctica respecto al resto de la bahía (zona 2). Asimismo, dentro de la zona de avistamientos de tiburón ballena las concentraciones de zooplancton son mayores cuando hay avistamientos que cuando no hay avistamientos. Además, se propone que cuando los tiburones parecen estar alimentándose las concentraciones son más altas que cuando el tiburón no parece estar alimentándose.

### 4. OBJETIVOS

#### 4.1. General

Establecer si los avistamientos del tiburón ballena dentro de Bahía de los Ángeles, B.C., México, se encuentran relacionados con los sitios de alta disponibilidad zoopláctica.

#### 4.2. Particulares

- a). Cuantificar la biomasa zoopláctica de la zona de avistamientos y compararla con la zona de no avistamientos
- b). Cualificar y cuantificar la composición zoopláctica de la zona de avistamientos y la zona de no avistamientos.
- c). Establecer si los avistamientos del tiburón ballena se encuentran relacionados con la abundancia del grupo más representativo del zooplancton.

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

### 5.1. Descripción geográfica

Bahía de los Ángeles se encuentra situada en la costa oriental de Baja California, México, frente a la Isla Ángel de la Guarda, entre los  $28^{\circ} 90'$  y los  $29^{\circ} 10'$  N y los  $113^{\circ} 30'$  y los  $113^{\circ} 60'$  O (Figura 3). Es una bahía abierta hacia el Golfo de California y tiene amplia comunicación con el Canal de Ballenas. Sus dimensiones son de 16 km de largo por 6.4 km en su parte más ancha. Tiene una orientación NO-SE, muy similar a la orientación general del Golfo de California. La batimetría de la bahía presenta una pendiente suave, con profundidades de 50 m en el centro de los canales que comunican con el Canal de Ballenas.

### 5.2. Climatología

Bahía de los Ángeles se encuentra en una región con clima desértico, escasa precipitación y gran evaporación durante todo el año. Presenta un sistema de vientos dominantes con una marcada variación estacional. La combinación de los regímenes de vientos y su batimetría juegan un papel predominante en la circulación de la bahía (Ibarra-Sañudo, 1988).

Amador-Buenrostro *et al.* (1991) describen cuatro situaciones típicas para caracterizar el patrón de vientos. La situación de invierno, con vientos dominantes del N-NO y magnitud típica de 10 m/s prevalece de noviembre hasta marzo. La situación de verano con vientos dominantes del E-SE y magnitudes de 10 m/s. La tercera situación es la ocurrencia de vientos con dirección oeste y magnitudes mayores de 10 m/s y acontece principalmente en primavera y otoño. La cuarta situación es la ocurrencia de brisas que se presentan en la época de transición entre la situación de invierno y la de verano (mayo, junio) y viceversa (septiembre).

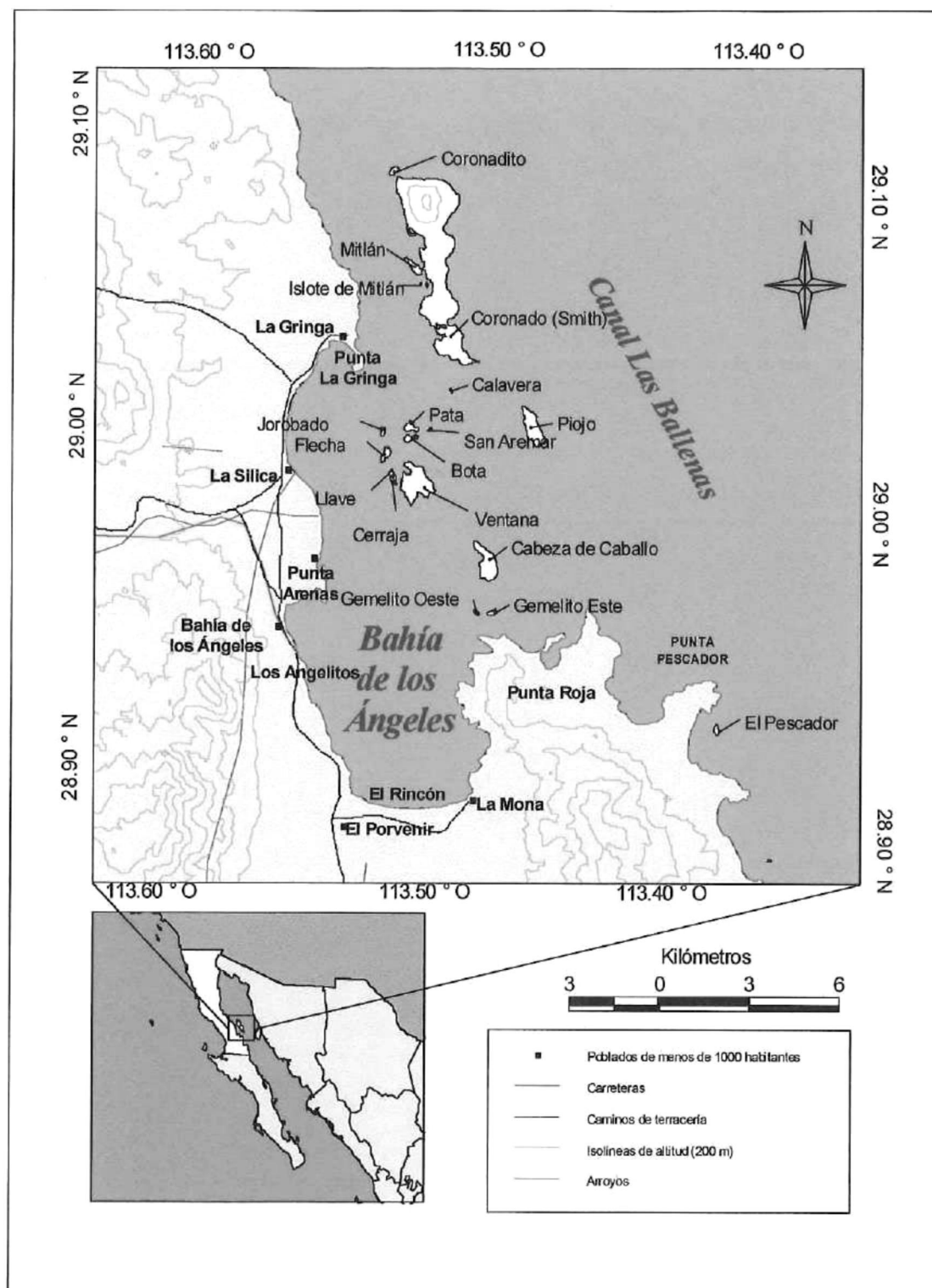


Figura 3. Localización geográfica del área de estudio y su zona de influencia biológica y socioeconómica.

## 5.3. OCEANOGRAFÍA

### 5.3.1. Hidrografía y Productividad

Aunque el agua de Bahía de los Ángeles tiene una gran comunicación con el Canal de Ballenas, el viento es el principal controlador de la circulación superficial en la bahía (Amador-Buenrostro *et al.*, 1991). Se presentan corrientes de marea muy pequeñas de  $\sim 3$  cm/s y las corrientes residuales causadas por la marea son prácticamente nulas ( $u < 0.6$  cm/s); mientras que las corrientes forzadas por el viento tienen velocidades superiores a los 25 cm/s.

Como resultado de la intensa mezcla superficial, se tiene una producción anual de carbono de entre 345 y 511 g/cm<sup>2</sup> dentro de la bahía, ubicándola entre los sistemas más productivos del mundo (Delgadillo-Hinojosa, 1992). Aunado a esto, en la parte sur de la bahía se encuentra un estero. Estos cuerpos costeros pueden proporcionar una alta disponibilidad de nutrientes.

En lo que se refiere a las variables hidrográficas de temperatura y salinidad, Delgadillo-Hinojosa *et al.* (1997), también encontraron que el estrés del viento juega el papel principal en la generación de la mezcla vertical reportando que durante situaciones de baja velocidad del viento la columna de agua se encuentra termalmente estratificada con diferencias de 2° C entre la superficie y los 10 metros de profundidad. La salinidad también mostró diferencias de 0.05 durante este período; mientras que en situaciones donde se presentan altas velocidades del viento (superiores a 10 m/s), la columna de agua se encuentra totalmente mezclada con gradientes de temperatura y salinidad mínimos.

Por último, cabe señalar que no encontramos estudios que describan el material zoopláctico dentro de Bahía de los Ángeles.

### **5.3.2. Circulación Marina**

En general, el flujo de agua tiene una entrada principal, bien sea por el canal del norte o del sur, según el viento dominante. A continuación la corriente realiza un gran giro recorriendo toda la bahía en forma casi paralela a la costa. Otra característica importante es la presencia de zonas de corrientes de poca magnitud donde debe existir mayor tiempo de residencia de las aguas y sus parámetros hidrográficos y biológicos como la Ensenada La Gringa, la parte central de la bahía, la Ensenada El Rincón y la pequeña Ensenada frente al poblado (Amador-Buenrostro *et al.*, 1991). Estos mismos autores calculan mediante un modelo numérico tres tipos de circulación inducida por la marea y el viento: la condición de invierno, la condición de verano y la condición primavera-otoño.

La condición de invierno se presenta del mes de noviembre a marzo, época durante la cual se realizó este muestreo, está caracterizada por vientos dominantes del norte y noroeste, con una circulación que va desde el canal del norte hacia El Rincón y tiene salida por el canal del sur. Esta predicción se caracteriza por presentar tres zonas de transporte débil; en la Ensenada La Gringa, la parte central de la bahía y El Rincón (Figura 4).

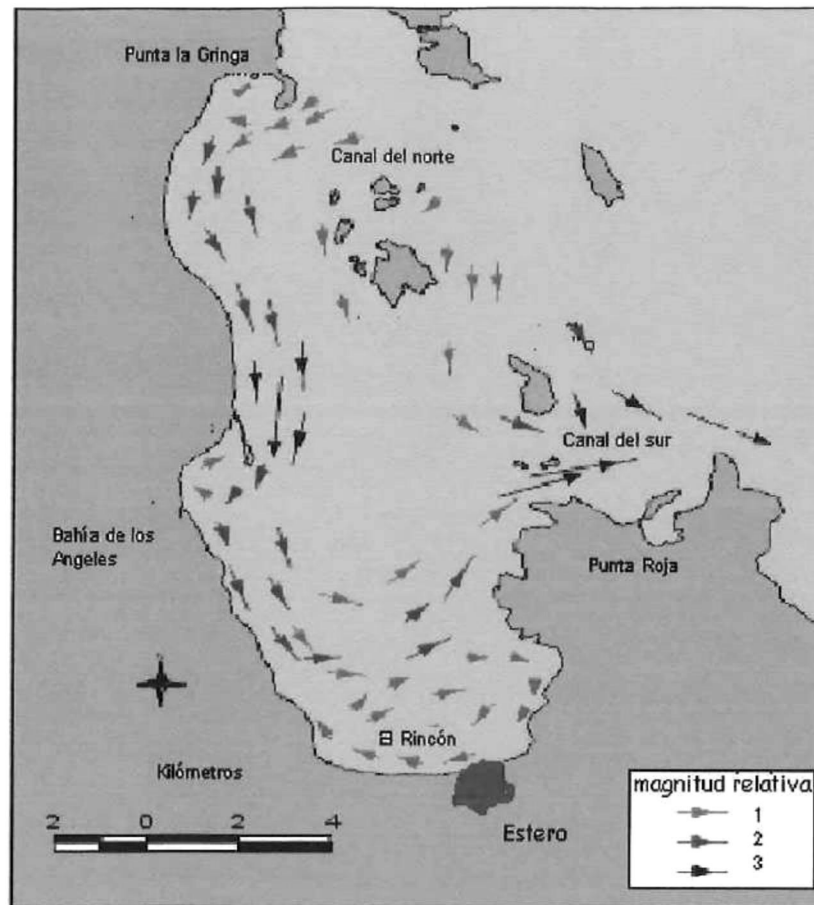


Figura 4. Predicción de la circulación superficial durante la condición de invierno (viento con dirección norte). Adaptado de Amador-Buenrostro, 1991.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Diseño del muestreo

Este estudio forma parte del proyecto de "Conservación y Aprovechamiento Sustentable del Tiburón Ballena a través del Ecoturismo en Bahía de los Ángeles, B.C." que realiza la Facultad de Ciencias Marinas, en colaboración con el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California. Dicho proyecto tiene como finalidad establecer una propuesta de manejo adecuada para lograr el beneficio

económico del sector dedicado a las actividades de ecoturismo, al tiempo que se establezcan los lineamientos para la conservación de la especie.

Aunque inicialmente en el proyecto no se contempló un estudio de zooplancton los resultados preliminares hicieron evidente la necesidad de responder ciertas hipótesis: el tiburón ballena se congrega en Bahía de los Ángeles para alimentarse. Para tratar de dar respuesta a este cuestionamiento, se adoptó un esquema de muestreo que pudiera adaptarse al programa de trabajo previamente establecido.

El área de muestreo comprende la zona al sur de la bahía, delimitada por una línea imaginaria que une la Punta Roja con la Ensenada La Gringa (Figura 5). Con el propósito de determinar la abundancia relativa del tiburón ballena en el programa original el área fue dividida en tres subzonas (Figura 6), en las que fue determinada una serie de transectos (Tablas I, II y III).

Aprovechando este programa de muestreo, para el estudio de zooplancton, se realizó un muestreo dirigido no probabilístico, manejando sólo dos zonas para el análisis estadístico: la zona de avistamientos (zona 1) y la zona de no avistamientos (zona 2) (Figura 5).

## **6.2. Colecta de Muestras**

Se realizaron muestreos durante 5 días, del 3 al 7 de noviembre del 2001, en los que se utilizó una embarcación de 7 metros de eslora con motor fuera de borda de 55 caballos de fuerza propiedad de la reserva Islas del Golfo de California. Los recorridos fueron realizados entre las 7:00 am y las 12:00 pm y se efectuó la toma de una o dos muestras en puntos distintos de cada transecto.

Se hicieron observaciones a ambos lados de la embarcación mediante el uso de binoculares, y al momento de avistar un tiburón ballena la embarcación se acercaba al

individuo tomando la posición geográfica (Figura 7) mediante un GPS y registrando los datos según el formato diseñado (Anexo A). A continuación, se realizaba la toma de una muestra utilizando una red para zooplancton con una boca de 50 cm de diámetro y luz de malla de 300  $\mu\text{m}$ . Los arrastres tuvieron una duración de entre 1 y 2 minutos según la concentración aparente de zooplancton en cada sitio de muestreo. Cada muestra fue recolectada en una botella de vidrio de 400 ml y preservada con formol a una concentración final de 4%.

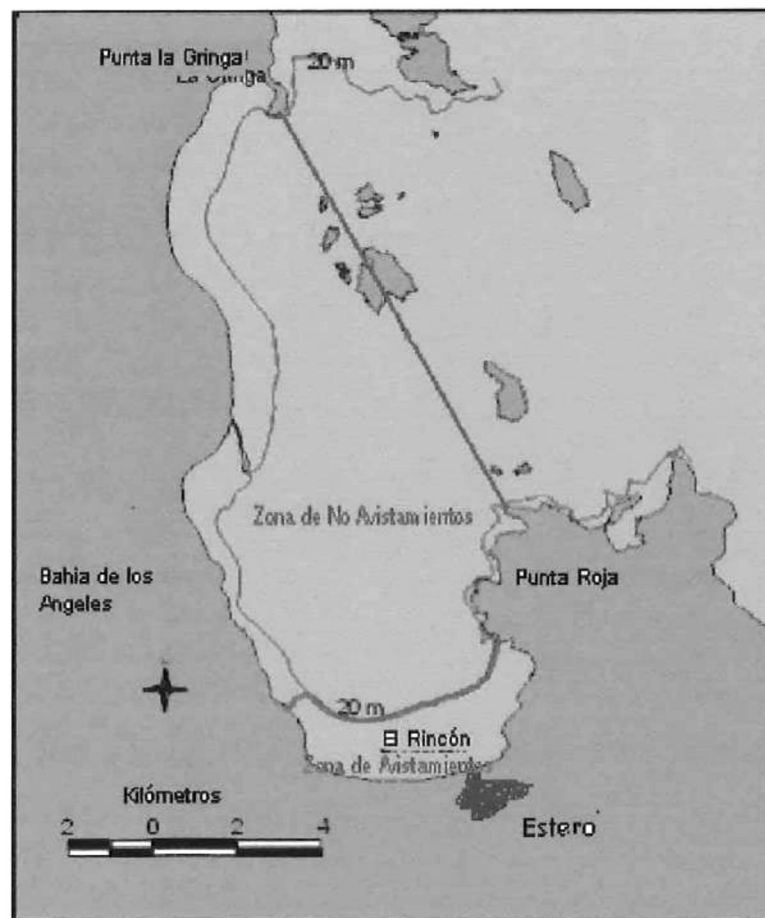
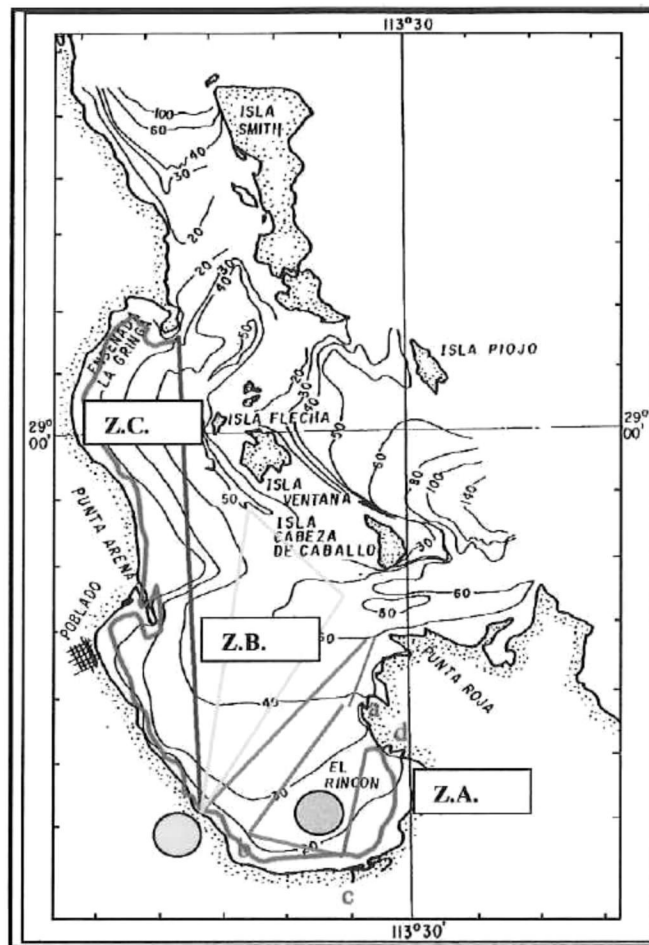


Figura 5. Delimitación del área de muestreo (debajo de la línea verde) y ubicación de la zona de mayor frecuencia de avistamientos de tiburón ballena (al sur de la línea roja).



Simbología del mapa:

- Campo Gecko: lugar en donde inician todos los recorridos
- El Rincon: en donde se llevaron a cabo los recorridos diarios.

- Transectos zona A (Z.A.)
- Transectos zona B (Z.B.)
- Transectos zona C (Z.C.)
- ~ Último transecto de la zona 1 y zona 3, paralelo a la línea de costa ( a 50 m de la playa)

Figura 6. Transectos utilizados para los avistamientos del tiburón ballena. Los recorridos en estos transectos fueron aprovechados para coleccionar las muestras de zooplancton.

**Tabla I. Transectos utilizados para la parte sur de la bahía (zona A).**

| Número de transecto | Comprende  | Distancia aproximada (Km) |
|---------------------|--|---------------------------|
| 1                   | Campo Gecko a la Punta Roja  | 6.2                       |
| 2                   | Punta Roja a Punta la Salida   | 2.0                       |
| 3                   | Punta La Salida a Capitán Muñoz  | 4.4                       |
| 4                   | Capitán Muñoz a primera boca del Estero                                  | 2.0                       |
| 5                   | Primera boca del Estero a playa La Mona                                  | 3.0                       |
| 6                   | Playa la Mona a Campo Gecko (bordeando la línea de costa a 50 m de ella) | 4.5                       |

**Tabla II. Transectos utilizados para la parte media de la bahía (zona B).**

| Número de e transecto | Comprende                             | Distancia aproximada (Km) |
|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 1                     | Campo Gecko a Isla Cabeza de Caballo  | 8.0                       |
| 2                     | Isla Cabeza de Caballo a Isla Ventana | 2.0                       |
| 3                     | Isla Ventana a Campo Gecko            | 9.5                       |

**Tabla III. Transectos utilizados para la parte norte de la bahía (zona C).**

| Número de transecto | Comprende  | Distancia aproximada (Km) |
|---------------------|--|---------------------------|
| 1                   | Campo Gecko a la Punta La Gringa   | 12                        |
| 2                   | Punta La Gringa a Campo Gecko (bordeando la línea de costa a 50 m de ella) | 13                        |

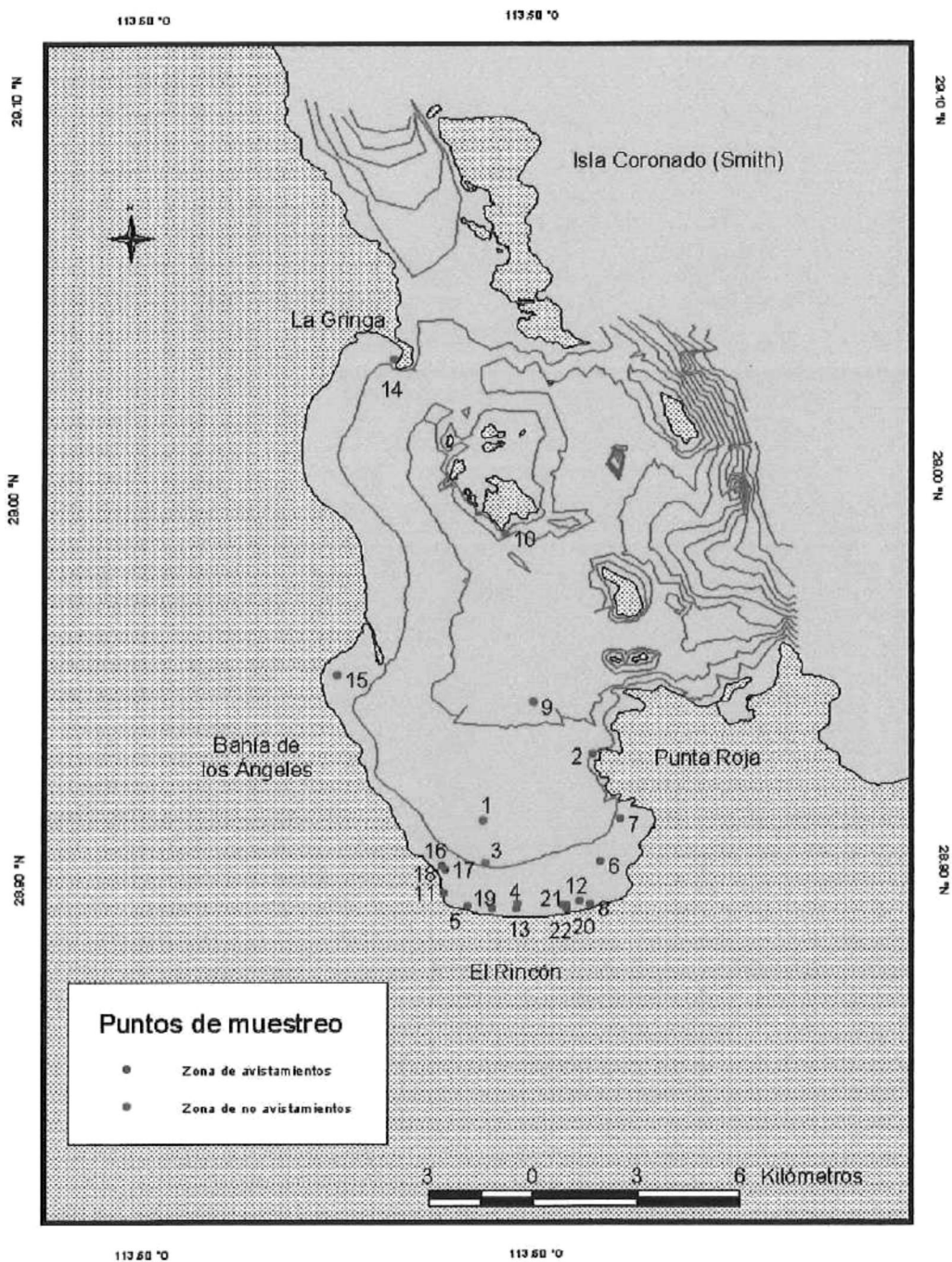


Figura 7. Mapa batimétrico con los puntos de muestreo. Los números representan el orden cronológico en que se tomaron las muestras.

## **6.3. Análisis de laboratorio**

### **6.3.1. Determinación de la biomasa**

El análisis de las muestras fue realizado en el laboratorio de zooplancton del CICESE (Centro de Investigaciones y Estudios Superiores de Ensenada). La concentración de la biomasa zoopláctica se determinó utilizando el método de "volumen desplazado". La muestra fue filtrada a través de un tamiz con un tamaño de malla menor al utilizado durante el muestreo (50  $\mu\text{m}$ ). El material atrapado dentro del tamiz fue enjuagado con agua dulce y vertido en una probeta graduada con cierto volumen de agua, a continuación la muestra se volvió a pasar por el tamiz recolectando en otra probeta el volumen de agua, obteniendo así el volumen desplazado por los organismos. Estos datos se convirtieron a biomasa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Biomasa} = \pi r^2 f R$$

donde  $f$  es el factor de calibración del flujómetro,  $r$  es el radio de boca de la red y  $R$  son las revoluciones del flujómetro.

### **6.3.2. Determinación de la abundancia**

Para determinar la abundancia se cuantificaron y cualificaron los organismos a nivel grupos (copépodos, eufáusidos, larvas de peces, huevos de peces, quetognatos, cladóceros, apendicularios, etcétera). Para tal efecto, se dividió la muestra con un fraccionador Folsom hasta alcanzar una concentración que permitiese su análisis. Cada fracción fue vertida en cajas de Petri que fueron observadas bajo un microscopio estereoscópico con el objeto de identificar y contar el número de organismos presentes en cada muestra.

### **6.3.3. Análisis estadístico**

A los datos de biomasa y abundancia obtenidos se les aplicó una prueba de normalidad. Basados en lo anterior y con el propósito de establecer si existía diferencia significativa entre las muestras colectadas, se determinó la utilización de una prueba no paramétrica de Wilcoxon para dos muestras independientes. El nivel de significancia manejado en todas las pruebas fue de  $\alpha=0.05$ .

## **7. RESULTADOS**

### **7.1. Avistamientos**

#### **7.1.1. Observaciones de tiburón ballena**

Fueron realizadas un total de 5 inspecciones a la bahía (del 3 al 7 de noviembre), acumulando un total de 35 horas de recorridos. De los 5 días de muestreo, 3 de ellos fueron destinados únicamente para la zona A (3, 4 y 7 de noviembre); mientras que la zona B y C fueron visitadas conjuntamente con la zona A durante los días 5 y 6 de noviembre, respectivamente.

La zona A tuvo un esfuerzo mayor con un total de 5 inspecciones. Esta parte de la bahía fue visitada todos los días de muestreo, mientras que la zona B y la zona C fueron visitadas solamente en una ocasión cada una. En 4 de los 5 días de inspección ocurrieron avistamientos de *R. typus* y sólo durante el día 4 de noviembre no ocurrió ningún avistamiento.

Un total de 14 tiburones ballena fueron avistados, todos ellos durante los recorridos por la zona A. Estos encuentros con *R. typus* ocurrieron dentro de los transectos 4, 5 y 6, específicamente dentro de la isobata de los 20 metros (Figura 8), lo

cual corresponde a la parte sur de la bahía designada como zona de avistamientos. Todos los avistamientos de *R. typus* fueron realizados entre las 8:30 y las 10:30 am.

De los 14 avistamientos realizados, el 71% fueron hechos cuando el tiburón ballena parecía estar alimentándose (3, 6 y 7 de noviembre) y 29% cuando sólo transitaba (3 y 5 de noviembre) (Figura 8). Cabe mencionar que todos los avistamientos en los que *R. typus* se observó alimentarse fueron realizados dentro del contorno de los 10 m de profundidad, muy cerca de la línea de costa y del estero situado en la parte sur de la bahía.

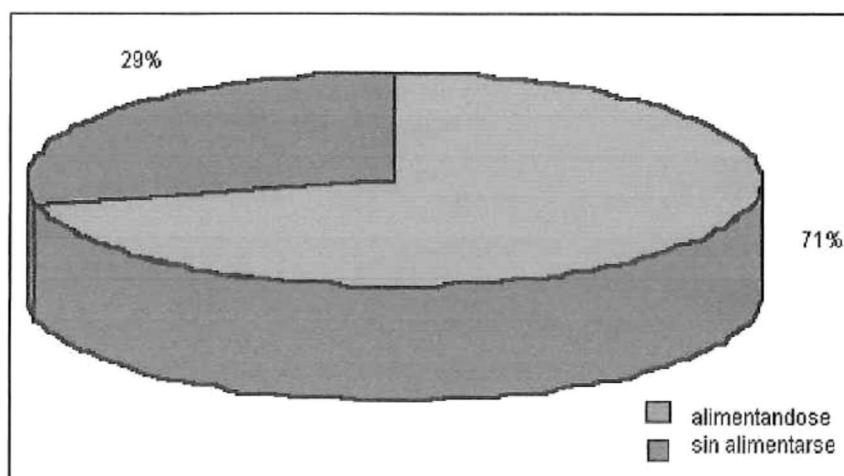


Figura 8. Porcentaje de tiburones ballena que parecían alimentarse.

El mayor número de avistamientos se presentó el último día de muestreo (7 de noviembre) con un total de 6 tiburones ballena (Figura 9). Durante estos avistamientos los tiburones parecieron estar alimentándose. El menor número fue de 0 avistamientos (4 de noviembre) y de 2 avistamientos (5 de noviembre), durante estos últimos, el tiburón solo se observó en tránsito.

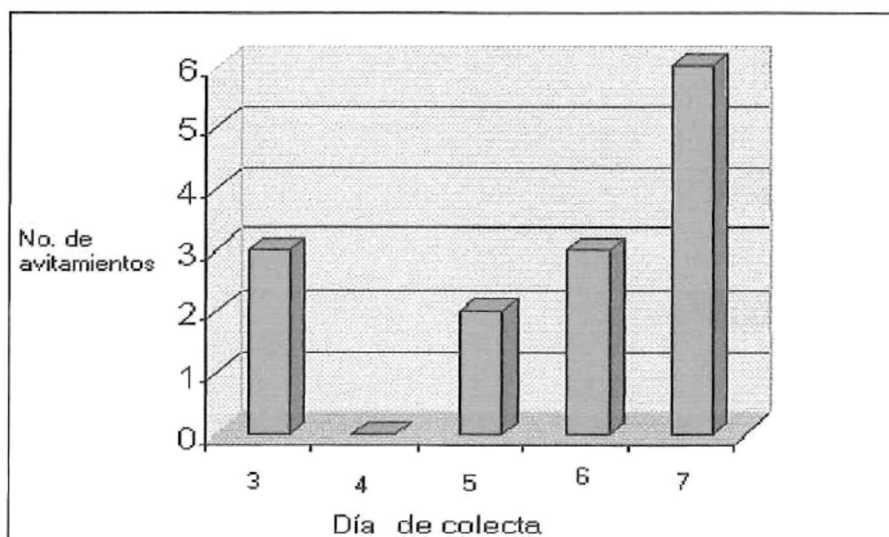


Figura 9. Avistamientos realizados por cada día de colecta.

### 7.1.2. Escala Beaufort

Durante cada avistamiento se registró la escala Beaufort, que representa una forma indirecta de medir la velocidad del viento (Apéndice B). Esta escala es un factor importante para establecer la influencia del viento sobre las corrientes superficiales, y de éstas sobre el material zoopláctico y sobre los avistamientos del tiburón ballena.

A lo largo de las inspecciones fueron observadas 4 condiciones; Beaufort 0, 1, 2 y 3 (Tabla IV). La situación predominante fue de Beaufort 1 con una frecuencia del 50% (Figura 10).

En todos los avistamientos la velocidad del viento fue menor a 20 km/hr (< Beaufort 3), y la visibilidad nunca fue menor a 6 km. Debido a esto no existieron problemas visuales durante los recorridos para avistar a *R. typus*.

**Tabla IV. Especificaciones para la escala Beaufort observada.**

| Grados | Viento m/ s | Viento km/h | Efecto del mar              | Altura de olas (m) |
|--------|-------------|-------------|-----------------------------|--------------------|
| 0      | 00 - 0.2    | 1           | Como espejo                 | 0.0                |
| 1      | 0.3 - 1.5   | 1 - 5       | Rizos sin espuma            | 0.1                |
| 2      | 1.6 - 3.3   | 6 - 11      | Olitas; crestas cristalinas | 0.2                |
| 3      | 3.4 - 5.4   | 12 - 19     | Olitas; crestas rompientes  | 0.6                |

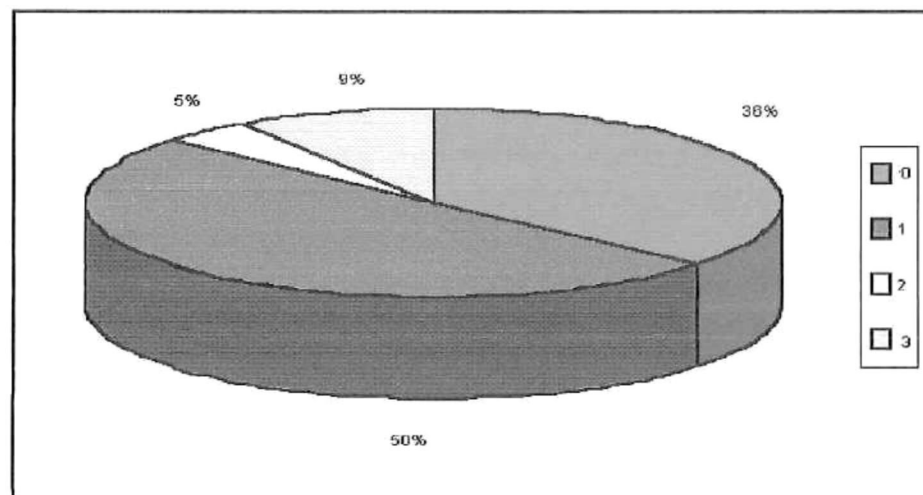


Figura 10. Porcentaje de la Escala Beaufort presente durante los avistamientos.

### 7.1.3. Temperatura

La temperatura es un parámetro determinante en la distribución de tiburón ballena, debido a lo cual en cada avistamiento fue registrada. En todos los avistamientos las temperaturas observadas fueron menores a las comúnmente reportadas en la literatura, encontrando un máximo de 26° C y un mínimo de 25.2° C (Tabla V).

**Tabla V. Especificaciones de las temperaturas para cada avistamiento.**

| Número de muestra | Especificación | Temperatura (°C) |
|-------------------|----------------|------------------|
| 4                 | en transito    | 25.8             |
| 5                 | alimentándose  | 25.9             |
| 7                 | en transito    | 25.9             |
| 12                | en transito    | 25.8             |
| 13                | en transito    | 25.7             |
| 17                | alimentándose  | 25.5             |
| 18                | alimentándose  | 25.5             |
| 19                | alimentándose  | 25.6             |
| 20                | alimentándose  | 25.2             |
| 21                | alimentándose  | 25.3             |
| 22                | alimentándose  | 25.3             |

## 7.2. Biomasa zooplánctica

A lo largo del muestreo se tomaron un total de 22 muestras de zooplancton, 15 de las cuales corresponden a la zona de avistamientos (zona 1) y 7 a la zona de no avistamientos (zona 2). De las muestras tomadas dentro de la zona 1, en 11 de ellas ocurrieron avistamientos de tiburón ballena y dentro de éstas, 7 fueron observados mientras se alimentaban (Tabla VI). Para las muestras tomadas en la zona 2 no se observó ningún avistamiento de tiburón ballena (Tabla VII).

**Tabla VI. Especificaciones de los avistamientos para las muestras de la zona 1.**

| No. de muestra | Día de colecta | Especificación 1 | Especificación 2 |
|----------------|----------------|------------------|------------------|
| 4              | 3 de nov.      | Con avistamiento | Sin alimentarse  |
| 5              | 3 de nov.      | con avistamiento | Alimentándose    |
| 6              | 3 de nov.      | Sin avistamiento |                  |
| 7              | 3 de nov.      | Con avistamiento | Sin alimentarse  |
| 8              | 3 de nov.      | Sin avistamiento |                  |
| 11             | 5 de nov.      | Sin avistamiento |                  |
| 12             | 5 de nov.      | Con avistamiento | Sin alimentarse  |
| 13             | 5 de nov.      | Con avistamiento | Sin alimentarse  |
| 16             | 6 de nov.      | Sin avistamiento |                  |
| 17             | 6 de nov.      | Con avistamiento | Alimentándose    |
| 18             | 6 de nov.      | Con avistamiento | Alimentándose    |
| 19             | 6 de nov.      | Con avistamiento | Alimentándose    |
| 20             | 7 de nov.      | Con avistamiento | Alimentándose    |
| 21             | 7 de nov.      | Con avistamiento | Alimentándose    |
| 22             | 7 de nov.      | Con avistamiento | Alimentándose    |

**Tabla VII. Especificaciones de los avistamientos para las muestras de la zona 2.**

| No. de muestra | Día de colecta | Especificación   |
|----------------|----------------|------------------|
| 1              | 3 de nov.      | Sin avistamiento |
| 2              | 3 de nov.      | Sin avistamiento |
| 3              | 3 de nov.      | Sin avistamiento |
| 9              | 5 de nov.      | Sin avistamiento |
| 10             | 5 de nov.      | Sin avistamiento |
| 14             | 6 de nov.      | Sin avistamiento |
| 15             | 6 de nov.      | Sin avistamiento |

Los análisis de la biomasa zoopláctica en la zona 1 mostraron concentraciones que van de 0.680 ml/m<sup>3</sup> a 5.073 ml/m<sup>3</sup> (Tabla VIII). Estas concentraciones tienen un amplio rango de diferencia dependiendo si ocurrieron avistamientos o no ocurrieron; y si cuando hubo avistamientos el tiburón se observó alimentarse o solamente en tránsito.

**Tabla VIII. Concentración de la biomasa zoopláctica para las muestras de la zona 1.**

| No. de muestra | Día de colecta | Biomasa ml/m <sup>3</sup> |
|----------------|----------------|---------------------------|
| 4              | 3 de nov.      | 1.029                     |
| 5              | 3 de nov.      | 2.147                     |
| 6              | 3 de nov.      | 1.180                     |
| 7              | 3 de nov.      | 1.208                     |
| 8              | 3 de nov.      | 2.336                     |
| 11             | 5 de nov.      | 0.680                     |
| 12             | 5 de nov.      | 0.887                     |
| 13             | 5 de nov.      | 0.921                     |
| 16             | 6 de nov.      | 1.712                     |
| 17             | 6 de nov.      | 5.073                     |
| 18             | 6 de nov.      | 1.762                     |
| 19             | 6 de nov.      | 0.832                     |
| 20             | 7 de nov.      | 1.180                     |
| 21             | 7 de nov.      | 1.557                     |
| 22             | 7 de nov.      | 3.177                     |

Dentro de la zona 2 se aprecian concentraciones mínimas de  $0.249 \text{ ml/m}^3$  y máximas de  $0.867 \text{ ml/m}^3$  (Tabla IX), aunque no se observa una amplia diferencia entre la concentración de las muestras restantes contenidas en esta zona.

**Tabla X. Concentración de la biomasa zoopláncica para las muestras de la zona 2.**

| No. de muestra | Día de colecta | Biomasa $\text{ml/m}^3$ |
|----------------|----------------|-------------------------|
| 1              | 3 de nov.      | 0.567                   |
| 2              | 3 de nov.      | 0.867                   |
| 3              | 3 de nov.      | 0.513                   |
| 9              | 5 de nov.      | 0.249                   |
| 10             | 5 de nov.      | 0.346                   |
| 14             | 6 de nov.      | 0.773                   |
| 15             | 6 de nov.      | 0.531                   |

Las concentraciones de las muestras colectadas en la zona 1 y la zona 2 fueron comparadas estadísticamente, mostrando una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). Las mayores concentraciones fueron observadas en las muestras colectadas dentro de la zona 1 (Figura 11).

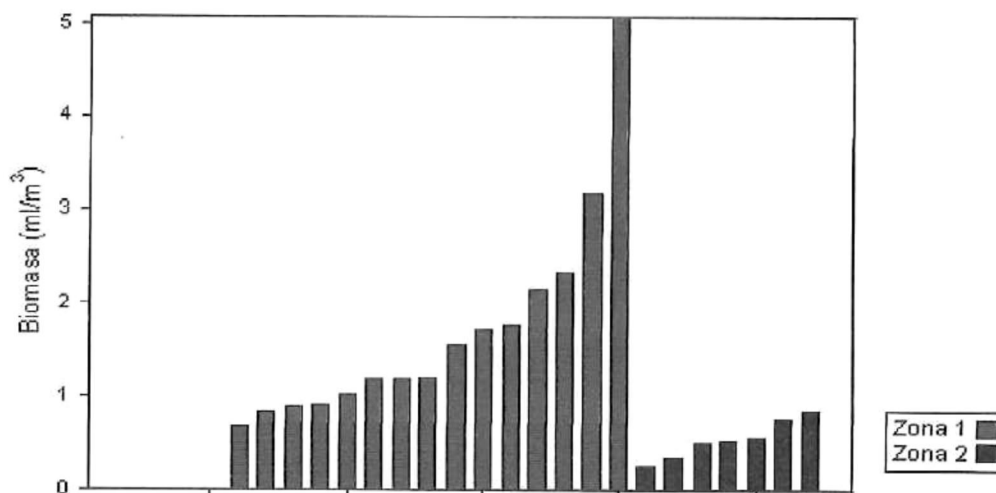


Figura 11. Concentración de la biomasa zoopláncica en la zona 1 y la zona 2.

Debido a que las muestras contenidas en la zona 1 mostraron una amplia diferencia en la biomasa, estas fueron divididas en dos grupos: las muestras tomadas cuando se avistaron tiburones y las muestras tomadas cuando no hubo avistamientos. Estas concentraciones fueron comparadas estadísticamente, mostrando una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). En la figura 12 se observa que las concentraciones más altas ocurrieron durante los avistamientos del tiburón ballena.

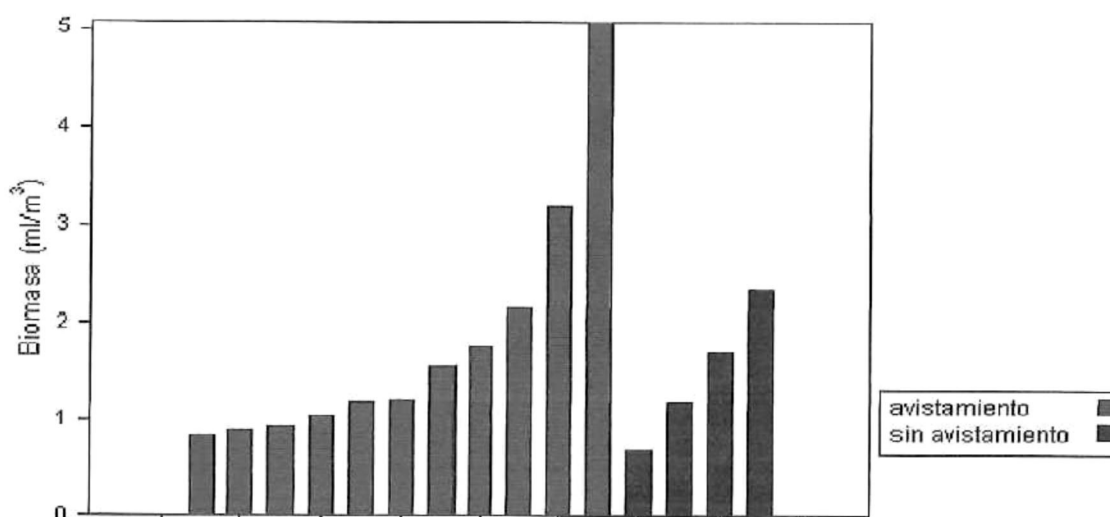


Figura 12. Concentración de la biomasa zooplánctica para las muestras donde se avistó al tiburón ballena y donde no fue avistado dentro de la zona 1.

En las muestras correspondientes a los avistamientos también se observaron amplias diferencias en la concentración, por lo cual fueron separadas en dos grupos más: las muestras en las que se observó al tiburón ballena alimentándose y las muestras donde se observó al tiburón solamente en tránsito. Las concentraciones entre ambos grupos reflejaron una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), con mayores concentraciones para las muestras en las que *R. typus* se observó alimentarse (Figura 13).

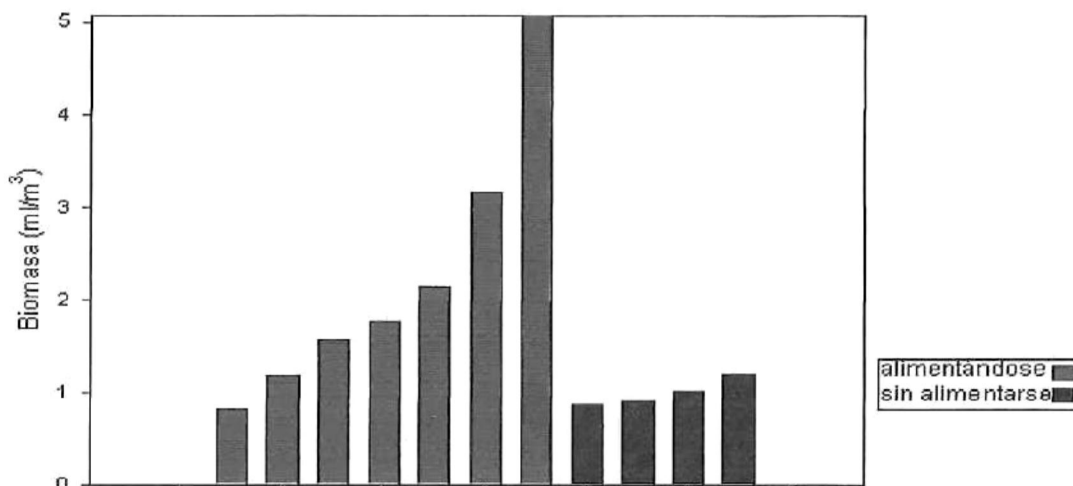


Figura 13. Biomasa zoopláncica para las muestras donde se observó al tiburón ballena alimentarse y donde no se alimentaba.

### 7.3. Composición del zooplancton

Dentro de los análisis de composición fueron identificados 15 grupos (Tabla XI). El grupo más abundante fue el de los copépodos, seguido con mucho menor número de organismos por los grupos de quetognatos, cladóceros, apendicularios y decápodos (Figura 14). Se observó una clara diferencia entre el grupo de copépodos de la zona 1 y los grupos restantes; mientras que para la zona 2 no se observó una diferencia amplia entre los copépodos y los demás grupos.

Tabla XI. Grupos encontrados en el análisis de composición.

| Grupo          | Grupo        | Grupo         |
|----------------|--------------|---------------|
| copépodos      | poliquetos   | hidromedusas  |
| cladóceros     | sifonóforos  | larvas de pez |
| quetognatos    | asteroideos  | equinodermos  |
| apendicularios | gasterópodos | estomatópodos |
| decápodos      | doliolidos   | foronideos    |

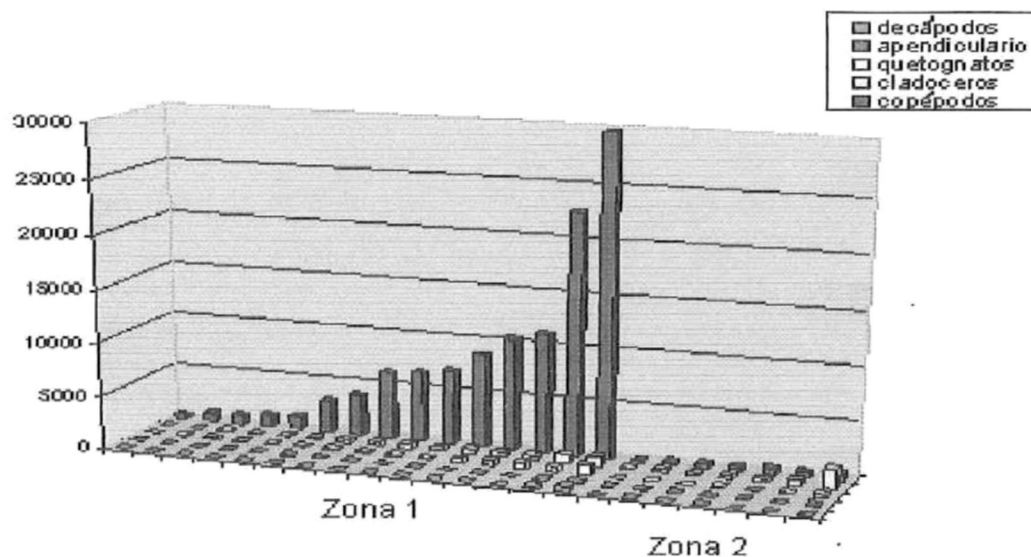


Figura 14. Se muestra la abundancia de los grupos más representativos .

Debido a que el grupo más representativo fue el de los copépodos, se analizaron las concentraciones de este grupo en las muestras de la zona 1 y las muestras de la zona 2. Se encontró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), siendo los niveles más altos en las muestras colectadas dentro de la zona 1 (Figura 15).

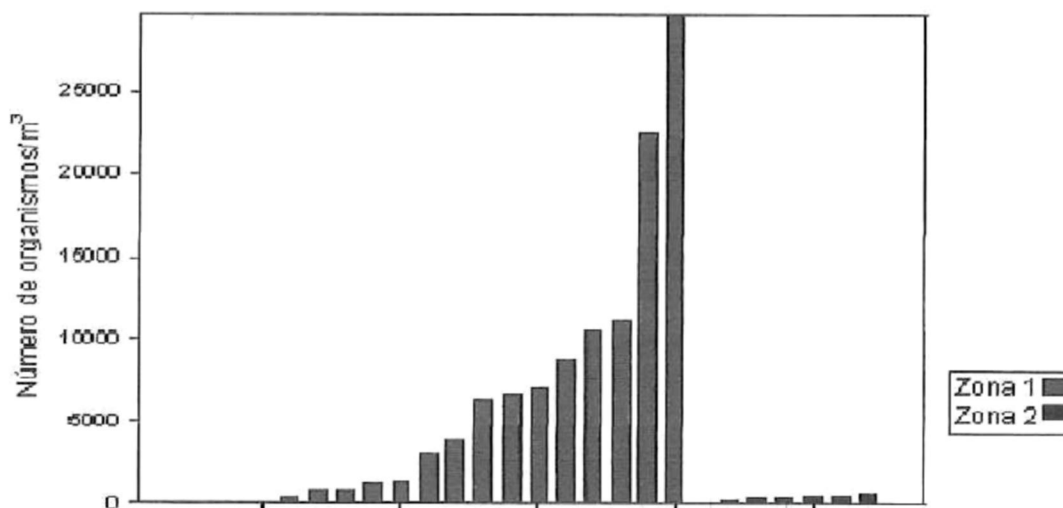


Figura 15. Abundancia de copépodos en la zona 1 y la zona 2.

Al igual que para el caso de la biomasa, las abundancias de las muestras contenidas en la zona 1 mostraron una amplia diferencia, por lo que fueron divididas en dos grupos: las muestras tomadas cuando se avistaron tiburones y las muestras tomadas cuando no hubo avistamientos. Dichas concentraciones fueron comparadas estadísticamente, mostrando una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). Las concentraciones más altas fueron observadas durante los avistamientos del tiburón ballena (Figura 16).

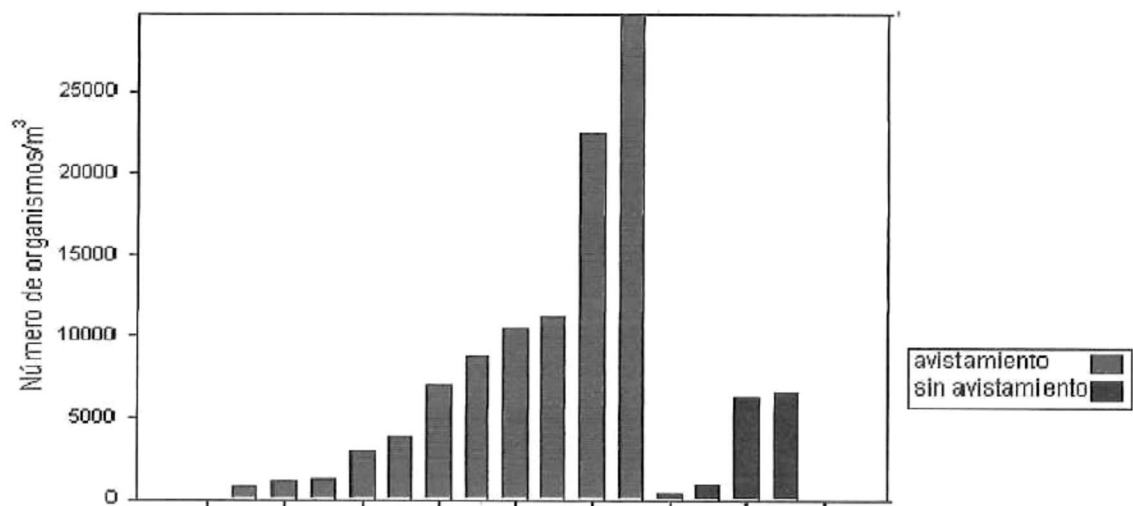


Figura 16. Abundancia de copépodos para muestras donde se avistó al tiburón ballena y donde no se avistó dentro de la zona 1.

En las muestras correspondientes a los avistamientos, también se observó una amplia diferencias en la abundancia por lo que fueron separadas en dos grupos más: las muestras en las que se observó al tiburón ballena alimentándose y las muestras donde el tiburón ballena sólo se observó en tránsito. Las abundancias entre estos grupos reflejaron una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), con mayores concentraciones para las muestras donde *R. typus* se observó alimentarse (Figura 17).

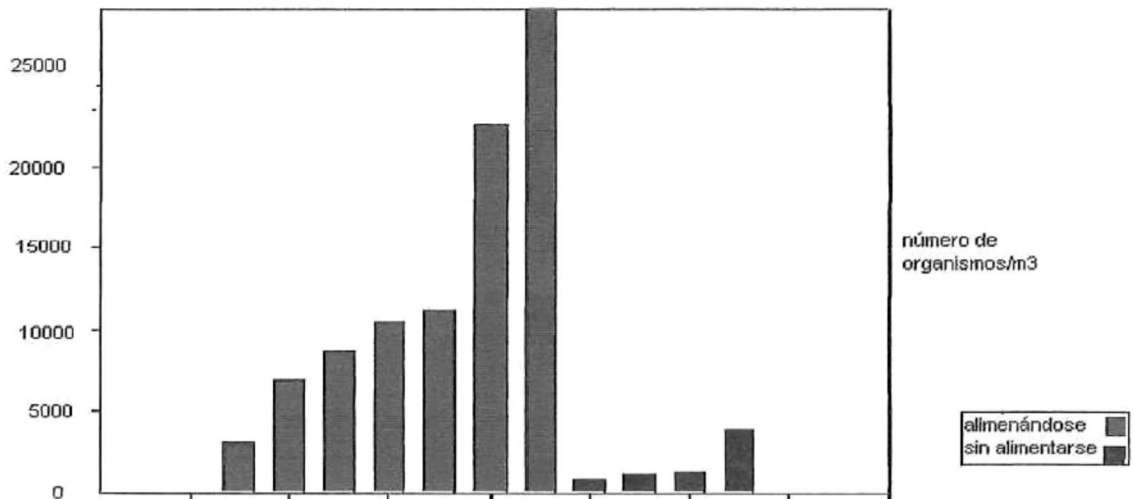


Figura 17. Abundancia de copépodos de las muestras donde se observó al tiburón ballena alimentarse y donde no se alimentaba.

Al analizar los porcentajes de abundancia de copépodos para las muestras anteriores se observó que en las muestras correspondientes a cuando *R. typus* parece alimentarse los porcentajes de abundancia son mayores al 95% en todas las muestras exceptuando la muestra 5 en la cual se observó un 86% de abundancia de copépodos. Para las muestras donde el tiburón no se observó alimentarse estos porcentajes variaron de un 49% a un 81% (Figura 18).

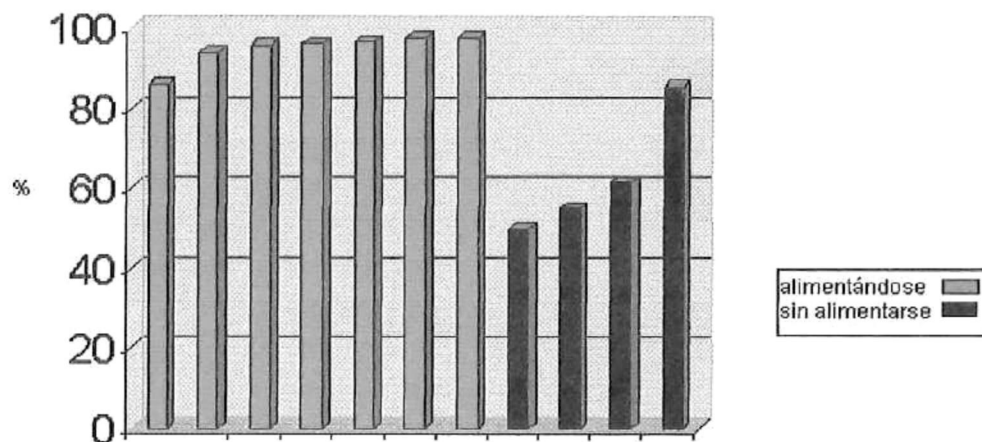


Figura 18. Porcentaje de abundancia de copépodos para las muestras en las que *R. typus* parecía estar alimentándose y sin alimentarse.

## 8. DISCUSIONES

### 8.1. Avistamientos

El mes de noviembre fue elegido para realizar los muestreos debido a que los resultados previos del proyecto de conservación y aprovechamientos de tiburón ballena indican que de los 6 meses en que se puede observar a *R. typus* en Bahía de los Ángeles, noviembre es el mes donde se presenta el mayor número de avistamientos.

La delimitación del área de estudio fue escogida porque es el área donde los prestadores de servicios llevan a cabo las actividades turísticas relacionadas con el tiburón ballena. El mayor esfuerzo fue dirigido a la parte sur de la bahía porque los operadores ecoturísticos han reportado la presencia del tiburón ballena en esta área, principalmente en la zona conocida como el Rincón. Debido a que se realizó un muestreo dirigido respecto a los avistamientos de tiburones ballena, fue indispensable realizar el mayor número de recorridos en esta área con el fin de obtener una mayor información durante el estudio.

El muestreo dirigido es no probabilístico y fue establecido con el fin de obtener la información necesaria para la investigación, aprovechando el diseño de muestreo existente para el monitoreo de avistamientos del tiburón ballena. Es indispensable señalar, que aunque por el tipo de muestreo no todos los puntos tuvieron la misma probabilidad de ser elegidos, los datos obtenidos son suficientemente robustos para lograr el objetivo de este trabajo, identificando los avistamientos del tiburón ballena y su relación con el zooplancton, por lo cual los sitios en los que no se realizan avistamientos del tiburón ballena no son determinantes para este trabajo en particular.

El horario de muestreo fue escogido porque las actividades ecoturísticas sobre *R. typus* sólo se realizan durante el día, principalmente por la mañana, ya que es cuando los tiburones se pueden observar con más facilidad debido a que durante las primeras horas del día se presentan las mejores condiciones visuales para avistar al tiburón ballena (Beaufort entre 0 y 3), con bajas velocidades del viento y oleaje casi nulo.

Como los registros indican que los avistamientos más frecuentes se presentan en la parte sur de la bahía, dentro de la isobata de los 20 metros, se cree que esta zona debe presentar diferencias en la concentración de alimento con respecto al resto de la bahía, por lo que el área de estudio fue dividida en dos zonas (zona de avistamientos y zona de no avistamientos) para la realización de los análisis estadísticos.

Debido a las técnicas de muestreo utilizadas, las conclusiones de este trabajo sólo son aplicables a los tiburones ballena que habitan temporalmente en Bahía de los Ángeles, durante el período en que se realizó el estudio. Sin embargo, se cree que los resultados obtenidos coincidirán con estudios más complejos realizados en la bahía, debido a que todas las pruebas estadísticas mostraron evidencia suficiente que indica que los avistamientos del tiburón ballena se encuentran relacionados con la concentración de la biomasa zoopláctica.

Todos los avistamientos se realizaron dentro de la área designada como zona de avistamientos (zona 1), dentro de la isobata de los 20 metros. La mayoría de los avistamientos (71%) fueron realizados cuando el tiburón mostró conducta de estar alimentándose, y cabe mencionarse que todos estos ocurrieron entre las 8:30 y las 10:30 am dentro del contorno de los 10 metros de profundidad y muy cerca del estero

situado en la parte sur de la bahía. Esto coincide con lo señalado por Eckert y Stewart, (2000) quienes realizaron un estudio sobre *R. typus* en la Bahía de los Ángeles, reportando que la mayoría de los avistamientos de tiburón ballena son hechos dentro del contorno de los 10 m de profundidad y además mencionan que un 62% de los avistamientos fueron observados mientras el tiburón ballena se alimentaba. Cabe resaltar que la isobata de los 10 m se encuentra muy cercana a la línea de costa, por lo que en términos de manejo es importante dar prioridad a esta zona donde la afluencia de actividades antropogénicas es mayor.

En los resultados preliminares del proyecto de aprovechamiento y conservación del tiburón ballena se observó el mismo patrón de avistamientos durante la temporada 2001. Dicho estudio revela que en 72% de las ocasiones en que se avistó al tiburón ballena, este parecía estar alimentándose sólo dentro del contorno de 10 m, y que la mayor frecuencia de avistamientos se observa entre las 8:00 am y las 10:00 am coincidiendo con los resultados obtenidos en este estudio. Parece existir cierto patrón u horario de alimentación que pudiera atribuirse en gran medida a la migración vertical realizada por el zooplancton durante las primeras horas de la mañana. Esta información puede ser importante para determinar la hora del día a la cual se exhiban un mayor número de viajes para la observación de la especie. Sin embargo, se requiere de mayor información para poder concluir al respecto.

Por otro lado, el día en que se realizó el máximo número de avistamientos (7 de noviembre), los tiburones ballena parecían estar alimentándose, nadando a una velocidad bastante baja, comportamiento que se mantuvo durante un período de aproximado de 2 horas. Cabe señalar que en otras ocasiones en las que el tiburón se

observó alimentándose los períodos en los que se pudo avistar fueron muy cortos y el tiburón ballena viajaba a una velocidad lenta pero constante.

Clark y Nelson (1997) mencionan el mismo patrón de conducta alimentaria en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante una explosión de copépodos reportan que el tiburón ballena disminuye drásticamente su velocidad, mientras que en observaciones sin evidencia de explosiones pláncticas el tiburón ballena mantiene un curso uniforme. Esta conducta de alimentación parece ser importante en términos de manejo, ya que aparentemente durante las explosiones pláncticas los tiburones pueden avistarse por un tiempo mayor en una misma área.

Las condiciones para realizar los avistamientos siempre fueron bastante buenas (Beaufort entre 0 y 3) y no existieron barreras visuales durante los recorridos. En cuanto a la velocidad del viento, es probable que está tenga un efecto directo sobre *R. typus*, ya que al afectar la mezcla de agua por lo menos en los primeros metros de la superficie es posible que exista una variación en la biomasa del zooplancton que representa la fuente principal de alimento del tiburón ballena en Bahía de los Ángeles y por lo tanto que éste se vea afectado en su comportamiento y ecología.

Puesto que todos los avistamientos fueron realizados durante bajas velocidades del viento (menores a 20 km/hr), la influencia inmediata del viento sobre las corrientes superficiales y el zooplancton en el tiburón ballena no pudo comprobarse, requiriendo de mayor investigación para concluir sobre este aspecto.

Se sabe que la temperatura es una variable que ejerce un efecto directo sobre *R. typus*, limitando su distribución en el mundo. Aunque algunos autores citan que *R. typus* habita aguas que oscilan entre los 28° y los 32° C, nosotros registramos temperaturas menores a los 26° C durante los avistamientos por lo que es posible que

la alta disponibilidad de alimento ejerza un papel más determinante dentro de la bahía en la congregación del tiburón ballena que la temperatura.

Aunque Eckert y Stewart (2000) reportan que el tiburón ballena puede permanecer a profundidades de 240 m a temperaturas menores de 10° C, los resultados preliminares del proyecto de conservación y aprovechamiento del tiburón ballena indican que en Bahía de los Ángeles una fuerte disminución de temperatura se presenta junto con una drástica disminución de los avistamientos de *R. typus* durante el mes de diciembre, circunstancia por la cual se cree que los organismos abandonan temporalmente la bahía.

## **8.2. Biomasa zoopláctica**

Las diferencias en la concentración de la biomasa zoopláctica entre la zona 1 y la zona 2 pudieran obedecer en gran medida a la presencia de un estero que se encuentra situado en la parte sur de la bahía y que aparentemente contribuye a que exista una alta productividad primaria debido al gran aporte de nutrientes que estos cuerpos costeros proporcionan. Aunado a esto, el patrón de circulación de las corrientes superficiales para esta época del año (condición de invierno), indica una circulación con un giro y corrientes de baja magnitud en la zona del Rincón, donde se suponen mayor tiempo de residencia de las aguas y de sus parámetros biológicos como son los nutrientes y el material zoopláctico.

Las diferencias encontradas en las muestras donde ocurrieron avistamientos del tiburón ballena y donde no ocurrieron avistamientos dentro de la zona 1, así como en las muestras en las que el tiburón ballena parecía estar alimentándose y las muestras donde se observó solamente en tránsito, aparentemente indican que los avistamientos del tiburón ballena no sólo están relacionados con la zona de alta

disponibilidad zoopláanctica, sino que además estos avistamientos parecen estar íntimamente ligados a los sitios dentro de esta área donde se presentan los máximos niveles en la concentración del zooplancton. Esto parece relacionarse con el comportamiento del material zoopláanctico, ya que este se distribuye en parches dentro de los cuales la concentración de organismos es mayor con respecto a las zonas aledañas al parche (Angel, 1985). Aunque en general la zona 1 presente altas concentraciones de zooplancton, los parches ubicados dentro de esta contienen las máximas concentraciones y estas parecen relacionarse con los avistamientos del tiburón y con su comportamiento de alimentación.

En términos energéticos es importante mencionar que debido a que el tiburón ballena necesita filtrar grandes volúmenes de agua para alimentarse, parece ser evidente que los avistamientos sean más frecuentes en aquellos lugares donde existe una mayor concentración de alimento.

Compagno (1984) comparó los mecanismos de filtroalimentación de *R. typus* con respecto al de *Cetorhinus máximus*, encontrando que este último depende más de un movimiento hacia adelante para atrapar alimento dentro de su boca, mientras que el tiburón ballena no depende de un movimiento hacia adelante como mecanismo de filtración, sino que utiliza un método de succión para atraer el agua dentro de su boca; menciona que probablemente este mecanismo de alimentación filtre volúmenes más pequeños de agua por unidad de tiempo y concluye que este mecanismo de filtración probablemente sea menos eficiente para concentrar el plancton por lo que el tiburón ballena es más dependiente de las agregaciones de mayor densidad de zooplancton.

### 8.3. Composición del zooplancton

La diferencia encontrada del grupo más representativo (copépodos) entre la zona 1 y la zona 2 parece implicar que dentro de Bahía de los Ángeles los avistamientos del tiburón ballena, no sólo están relacionados con la zona donde existe una mayor concentración del zooplancton, sino que además, estos avistamientos parecen estar íntimamente ligados con este grupo en particular. Además, las mayores abundancias y porcentajes de abundancias de copépodos fueron encontrados en las muestras colectadas los días 6 y 7 de noviembre, y en todas ellas el tiburón ballena parecía estarse alimentando. Al parecer, durante estos días, ocurrió una explosión de copépodos, evento durante el cual se avistó el máximo número de tiburones ballena del muestreo.

Clark y Nelson (1997) reportaron este mismo patrón de predación de *R. typus* sobre una explosión de copépodos en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante los días 1 y 2 de noviembre de 1993, en dicho estudio fue observado un grupo de 7 tiburones juveniles, alimentándose sobre un parche de zooplancton de aproximadamente 1-2 km de diámetro en el que el 95% de los organismos fue identificado como *Acartia clausi* y mencionan que aparentemente los tiburones ballena son altamente efectivos succionando el alimento sobre estos parches.

Estos autores mencionan que una explosión de copépodos podría estar asociada con los tiburones grandes que son planctívoros. En julio y agosto de 1994 observaron una aparición excepcional de un gran número de tiburones peregrino, *C. maximus* (más de 40), en la costa de Massachussets, E.E.U.U., que parecía estar relacionada con una fenomenal concentración del copépodo *Calanus finmarchicus*.

Las mayores concentraciones de biomasa zoopláctica como las mayores abundancias de copépodos, coinciden con el mayor número de avistamientos realizados en los que el tiburón parecía estar alimentándose.

En el arrecife Ningaloo y el Flower Gardens en Texas, E.E.U.U. se presentan agregaciones de tiburones ballena una vez al año aparentemente con el propósito de alimentarse asociados con un desove masivo de corales (Clark, 1992)

Eckert y Stewart, (2000) mencionan que muy probablemente el tiburón ballena sea el planctívoro más importante en Bahía de los Ángeles; además de que su presencia parece ser un importante indicador en la salud del ecosistema. Debido a esto y a la alta productividad presente dentro de Bahía de los Ángeles es posible inferir que la razón de la presencia del tiburón ballena en la bahía es para alimentarse.

Por lo anterior, en términos de manejo y para asegurar la presencia temporal de la especie es indispensable mantener la calidad del hábitat, de tal forma que pueda asegurarse la densidad y la composición de especies que son claves en la alimentación del tiburón ballena. Puesto que *R. typus* es un organismo filtrador, la contaminación del agua en la bahía tendría un efecto directo sobre la aparición temporal de la especie en la bahía.

## 9. CONCLUSIONES

1. En la zona de avistamientos (zona 1) las concentraciones de la biomasa zoopláctica fueron significativamente mayores que en el resto de la bahía. Esto probablemente pudiera deberse a la presencia de un estero en la parte sur y a las corrientes de baja magnitud y giros que se presentan en esta zona de la bahía.

2. Las concentraciones más altas de la biomasa zoopláncica coinciden con los sitios de avistamientos de tiburón ballena, cuando este aparentemente se está alimentando.
3. El grupo del zooplancton más representativo en todas las muestras fue el de los copépodos, y las concentraciones fueron mucho más altas en las muestras colectadas en la zona 1 que en el resto de la bahía.
4. Los niveles más altos de abundancia de copépodos también corresponden a las muestras donde ocurrió el mayor número de avistamientos de tiburón ballena y en las cuales se estaba alimentando. Así mismo, los porcentajes de abundancia de copépodos para las muestras donde el tiburón ballena parece estarse alimentando fueron superiores al 95% en la mayoría de las muestras.
5. Todos los avistamientos de tiburón ballena ocurrieron dentro de la isobata de los 20 m y todos los avistamientos donde el tiburón parecía alimentarse ocurrieron dentro de la isobata de los 10 m cerca del estero.
6. Todos los avistamientos de tiburón ballena ocurrieron entre las 8:30 am y las 10:30 am.
7. Las temperaturas del agua encontradas durante los avistamientos fueron menores a las comúnmente reportadas en la literatura; por lo cual es posible que la alta disponibilidad de alimento ejerza un papel más determinante en la congregación del tiburón ballena dentro de la bahía.

## 10. RECOMENDACIONES

Con el fin de dar un diagnóstico definitivo de la relación entre los avistamientos del tiburón ballena y el zooplancton en Bahía de los Ángeles, se recomienda hacer un muestreo que abarque toda la temporada de avistamientos y compararla con la temporada en que los tiburones ballena no son avistados.

Para asegurar que los tiburones ballena se congregan en Bahía de los Ángeles con el propósito de alimentarse del material zoopláctico, se recomienda realizar un análisis estomacal cuando exista la oportunidad de un varamiento de esta especie en la bahía.

Se recomienda hacer un análisis de abundancia del material zoopláctico a nivel especie en las muestras colectadas cuando el tiburón se observa alimentándose con el propósito de conocer la especie dominante durante estos eventos.

## 11. REFERENCIAS

- Alava, M.N. Yaptinchay, A.A; Trono, R.B, y Dolumbal E.R., 1997. Fishery and Trade of Whale Sharks and Manta Rays in the Bohol Sea, Philippines. En. Proceedings of the International Seminar and Workshop on Shark and Ray Biodiversity, Conservation and Management, Department of Fisheries - Sabah IUCN Species Survival Commission's Shark Specialist Group; Sabah, Malaysia.
- Amador-Buenrostro, A., Serrano-Guzmán, S., Argote-Espinosa, M., 1991. Modelo numérico de la circulación inducida por el viento en Bahía de los Angeles, B.C., México. Ciencias Marinas. 17 (3): 39-57.
- Angel, M.V., 1985. Vertical migrations in the oceanic realm: posible causes and probable effects. Marine Science. 27: 45-70.
- Beckley, L.E., Cliff, G. y Smale, M.J., 1997. Recent Strandings and sightings of whale sharks in South Africa. Environmental Biology of Fishes. 50: 343-348.
- Burks, C.M. y Mullin, K.D., 1999. Whale Shark, *Rhincodon typus*, Occurrences in the Northern Gulf of Mexico. Southeast Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service-NOAA, p.13.
- Chang, W.B., Leu, M.Y. y Fang, L.S., 1997. Embryos of the Whale Shark, *Rhincodon typus*: Early Growth and Size Distribution. Copeia, 2: 444-446.
- Clark, E. y Doubilet D., 1992. Gentle Monsters of the Deep, Whale Sharks. Washington, D.C; 182, (6): 123-139.
- Clark, E. y Nelson, D.R., 1997. Young whale sharks, *Rhincodon typus*, feeding on a copepod bloom near La Paz, Mexico. Environmental Biology of Fishes. 50: 63-73.
- Colman, G. J., 1997. A review of the biology and ecology of the whale shark. Journal of Fish Biology. 51:1219-1234.
- Compagno, L.J.V., 1984. FAO Species Catalogue. Vol. 4, Sharks of the World. An annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date. Part 1 – Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fisheries Synopsis 125: 209-211.
- Delgadillo-Hinojosa, G., Gaxiola-Castro, J., Segovia-Zavala, A., Muñoz-Barbosa y Orozco-Borbon, M., 1997. The effect of vertical mixing on primary production in a bay of the Gulf of California. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 45: 135-148.
- DOF, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. Miércoles 6 de marzo del 2002.
- Eckert, S.A y Stewart, B.S., 2000. Telemetry and satellite tracking of whale sharks, *Rhincodon typus*, in the Sea of Cortez, Mexico, and the North Pacific Ocean. Environmental Biology of Fishes, p. 24.

- Fitch, J.E., 1951. The whale shark, *Rhineodon typus*, off northern Baja California. California Fish and Game. 37 (3): 351.
- Fowler, S.L., 2000. Whale shark *Rhincodon typus*. Policy and research scoping study. Nature Conservation Bureau, UK.
- Gudger, E.W., 1941. The feeding organs of the whale shark, *Rhineodon typus*. Journal of Morphology. 68 (1): 81-99.
- Heyman, W.D., Graham, R.T., Kjerfve B. y Johannes, R.E., 2001. Whale sharks *Rhincodon typus* aggregate to feed on fish spawn in Belize. Marine Ecology Progress Series. 215: 275-282.
- Hoffman, W; Fritts, T.H, y Reynolds, R. 1981. Whale sharks associated with fish schools off south Texas. Northeast Gulf Science. 5 (1):55-57.
- Ibarra-Sañudo, S. ,1988. Serie de Tiempo de Variables Hidrológicas al Norte de la Bahía de los Ángeles, B.C. en Condiciones de Verano. Tesis para obtener título de Oceanólogo. FCM. UABC.
- IUCN, 1996. IUCN Red List Categories (Web Page), Available at <http://www.redlist.org>, Accesed February 8, 2001.
- IUCN, 2002. The Role of CITES in the Conservation and Management of Sharks. IUCN Species Survival Commission's Shark Specialist Group and TRAFFIC.
- Kukuyev, E.I., 1996. The New Finds in Recently Born Individuals of the Whale Shark *Rhiniodon typus* (Rhiniodontidae) in the Atlantic Ocean. Journal of Ichthyology. 36 (2): 203-205.
- Taylor, J.G., 1989. Whale sharks of Ningaloo Reef, Western Australia: a preliminary study. West. Austr. Nat. 18:7-12.
- Taylor, J.G., 1996. Seasonal occurrence, distribution and movements of whale shark, *Rhincodon typus*, at Ningaloo reef, western Australia. Mar. Freshwater Res. 47: 637-643.
- U.S. Fish and Wildlife Service, 2000. International Affairs. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. April 10-20,. Nairobi Kenya.
- Wolfson, F.H., 1986. Ocurrance of the Whale Shark, *Rhiniodon typus* Smith. Edited by T. Uyeno, R. Arai T. Taniuchi and K. Matsuura, Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes. P. 208-226.
- Wolfson, F.H., 1987. The whale shark, *Rhiniodon typus* Smith, 1828, off Baja California, Mexico. (Chondrichytes: Rhinodontidae), Mem. V Simp. Biol. Mar. Univ. Auton. Baja California Sur, Universidad Autónoma de Baja California Sur, p. 103-108.
- Wolfson, FH. y Notarbartolo di Sciara, G., 1987. The Whale Shark, *Rhiniodon typus* Smith, 1828, off Baja California, México. Review and Update (Chondrichytes: Rhinodontidae), p. 10.

## Apéndice A

### Formato de avistamientos

En este formato se anotan los datos referentes a cada uno de los puntos que fueron muestreados durante los recorridos en lancha.

| <b>zona</b> | <b>temperatura</b> | <b>beaufort</b> | <b>coordenada<br/>norte</b> | <b>coordenada<br/>oeste</b> | <b>fecha</b> | <b>Especi-<br/>ficaciones</b> | <b>muestra</b> |
|-------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|-------------------------------|----------------|
|             |                    |                 |                             |                             |              |                               |                |

## Apéndice B

### Escala Beaufort

El sistema Beaufort usa el estado del mar como criterio para determinar la velocidad del viento. Se utilizan las siguientes claves (Modificado de Weihaupt, 1979).

| No. Beaufort | Velocidad del viento km/hr | Término marino      | Efectos en el mar   |
|--------------|----------------------------|---------------------|---|
| 0            | 0-1                        | Calma               | Mar llano, como espejo  |
| 1            | 1-5                        | Aire ligero         | Pequeñas ondulaciones, sin espuma   |
| 2            | 6-11                       | Brisa ligera        | Olas pequeñas sin espuma  |
| 3            | 12-19                      | Brisa suave         | Olas más grandes, crestas empiezan a romper; borregos de espuma   |
| 4            | 20-28                      | Brisa moderada      | Olas de espuma, muchos borregos, marejada   |
| 5            | 29-38                      | Brisa fresca        | Olas moderadas y más largas; muchos borregos espuma en el aire  |
| 6            | 39-49                      | Brisa fuerte        | Se forman olas mayores, borregos por doquier, mas espuma en el aire   |
| 7            | 50-61                      | Borrasca            | Mar amontonado, espuma de las crestas de las olas forma manchas blancas   |
| 8            | 62-74                      | Borrasca            | Olas bastante altas y más largas, la espuma en las crestas de las olas comienza a ser llevada por el viento                                     |
| 9            | 75-88                      | Borrasca Fuerte     | Olas altas, el mar comienza a balancear, fajas marcadas de espuma, la espuma en el aire comienza a afectar la visibilidad                       |
| 10           | 89-102                     | Borrasca muy fuerte | Olas muy altas con crestas que rompen, el mar fuerte aparece blanco por las fajas de espuma muy densas, balances fuertes y visibilidad reducida |
| 11           | 103-117                    | Tormenta            | Olas extraordinariamente altas, mar cubierto de manchas blancas de espuma, visibilidad escasa   |
| 12-17        | 118+                       | Huracán             | Aire lleno de espuma, mar completamente blanco, visibilidad casi nula   |