



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE EPIBIONTES EN EL TIBURÓN  
BALLENA *Rhincodon typus* (Smith, 1828) DEL CARIBE  
MEXICANO**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
EN BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA:

**IVÁN GONZÁLEZ CONTRERAS**

TUTOR(A) O TUTORES PRINCIPALES:

Dr. FELIPE GALVÁN MAGAÑA  
(Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN)

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:**

Dra. Elva Escobar Briones  
(Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM)

Dr. Xavier Chiappa Carrara  
(Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación de la UNAM -SISAL)

Dr. Javier Tovar Ávila  
(Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura México)

Dr. Yassir Edén Torres Rojas  
(Universidad Autónoma de Campeche – EPOMEX)

**MÉXICO, CD. MX., JUNIO, 2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**

**Tesis Digitales**

**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE EPIBIONTES EN EL TIBURÓN  
BALLENA *Rhincodon typus* (Smith, 1828) DEL CARIBE  
MEXICANO**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:

**IVÁN GONZÁLEZ CONTRERAS**

**TUTOR(A) O TUTORES PRINCIPALES:**

Dr. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

(Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN)

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:**

Dra. Elva Escobar Briones

(Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM)

Dr. Xavier Chiappa Carrara

(Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación de la UNAM -SISAL)

Dr. Javier Tovar Ávila

(Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura México)

Dr. Yassir Edén Torres Rojas

(Universidad Autónoma de Campeche – EPOMEX)

**MÉXICO, CD. MX., JUNIO, 2023**

## DEDICATORIA

Definitivamente este logro de mi vida se la debo principalmente a mis padres, la Lic. Bertha Contreras Blancas y al Dr. Rogelio González Oropeza, quienes siempre me han enseñado que cuando algo se empieza lo tenemos que terminar, siempre con la convicción que los esfuerzos tienen sus recompensas, son mis ídolos y sobre todo mis guías de vida, los amo con el alma y el corazón en la mano, este logro es para ellos.

A mi familia de sangre, mis hermanas y mis sobrinos son merecedores de este momento, de compartirles lo feliz que me siento por saber que siempre están ahí conmigo, Gabriela siempre con su peculiar humor siempre me lleva a reflexionar y ser mejor cada día, la menor Ileana que me muestra que el ser atrevido, pero con conocimiento de causa puede darnos logros mayores.

Mis sobrinos, esos dos amores pequeños (que de pequeños ya no tienen nada) siempre he tratado de ser como un ejemplo de perseverancia como de rectitud, mi Fernandita que siempre la he considerado mi pequeñita espero que esto sirva para que encuentres caminos diversos a las metas que siempre te has puesto o soñado; mi Sebastián, mi pequeño gigante que por fin has logrado superarme en estatura, creo que con este ejemplo ahora podrás superarme en muchos aspectos más porque a parte eres muy inteligente además de capaz de realizar lo que se te pone enfrente ... vamos mis niños!!!

A lo más novedoso de mi vida, a lo que he decidido que ahora sea mi familia, mi amor Liliana Segovia (mi secre) que vino a dar un giro de 180° y me motivó para finalizar este logro, además me mostró que puedo amar a dos mujeres más, un par de pequeñas a las que también intento mostrar el camino correcto, mi querida Barbarita y mi adolescente Rebecka, ¡¡¡las amo!!!

A todos los amigos que hicieron más liviana la vida y este proceso, al Dr. José Quinatzin García Maldonado por esas charlas para centrar mis ideas, su esposa M. en C. Dalia Sarabia, al M. en C. Rubén Carmona, el Actor Ramón Márquez Cadaval y todos aquellos que siempre han estado en las buenas y en las malas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por el programa de Posgrado y de la excelencia en este, motivo por el que a los alumnos reciben becas para la manutención y el desarrollo de las ideas de investigación que se generan en cada individuo que logra el acceso a esta institución.

De esta forma, el proyecto de mantas y tiburones que lidera el Dr. Felipe Galván Magaña que junto con la CONANP otorgaron recursos para realizar la búsqueda del tiburón ballena y así poder hacer inspecciones de los organismos hospederos, de esta forma encontrar epibiontes presentes. Así como a toda la tripulación de las embarcaciones como a mis compañeros Isabel, Chivis, Daniel y todos los alumnos con diferentes temas de investigación que se unían a la tripulación.

Al laboratorio de Plancton del IPN-CICIMAR por la ayuda en la identificación de los organismos epibiontes presentes en los tiburones bajo la asesoría del Doctor Ricardo Palomares. De la misma forma al laboratorio de Edad y Crecimiento de la misma institución por otorgar las facilidades de los aparatos tecnológicos en la toma de fotografías a los epibiontes, así como las escalas para las mediciones de estos organismos.

Asimismo, el laboratorio de Carcinología del Instituto de Biología de la UNAM que permitió usar sus colecciones para la comparación e identificación de algunos epibiontes (CNCR 22683).

Desde luego a mi director de tesis el Dr. Felipe Galván Magaña por proporcionarme los recursos para la realización de este estudio así como la confianza de realizar algo no tan común y que siempre me mencionaba que toda la información suma para entender las diferentes especies de tiburones; también agradecer a cada uno de los sinodales de este manuscrito porque la diversidad de ideas me han llevado a comprender los estilos de investigaciones, la Dra. Elva Escobar Briones, el Dr. Xavier Chiappa Carrara, el Dr. Javier Tovar-Ávila y al Dr. Yassir Torres Rojas que este último en particular me mostró el uso del software usado en esta investigación para los estadísticos.

## ÍNDICE

	Págs.
I. <a href="#">ÍNDICE DE FIGURAS</a> .....	II
II. <a href="#">ÍNDICE DE TABLAS</a> .....	III
III. <a href="#">RESUMEN</a> .....	IV
IV. <a href="#">ABSTRACT</a> .....	V
V. <a href="#">INTRODUCCIÓN</a> .....	1
VI. <a href="#">ANTECEDENTES</a> .....	4
VII. <a href="#">JUSTIFICACIÓN</a> .....	8
VIII. <a href="#">HIPÓTESIS</a> .....	9
IX. <a href="#">OBJETIVOS</a> .....	9
X. <a href="#">ÁREA DE ESTUDIO</a> .....	10
XI. <a href="#">METODOLOGÍA</a> .....	12
XII. <a href="#">RESULTADOS</a> .....	21
XIII. <a href="#">DISCUSIÓN</a> .....	35
XIV. <a href="#">CONCLUSIONES</a> .....	41
XV. <a href="#">RECOMENDACIONES</a> .....	45
XVI. <a href="#">REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</a> .....	47
XVII. <a href="#">ANEXOS</a> .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
I. <a href="#">Figura. 1</a> .....	1
II. <a href="#">Figura. 2</a> .....	10
III. <a href="#">Figura. 3</a> .....	11
IV. <a href="#">Figura. 4</a> .....	12
V. <a href="#">Figura. 5</a> .....	13
VI. <a href="#">Figuras. 6 y 7</a> .....	14
VII. <a href="#">Figura. 8</a> .....	21
VIII. <a href="#">Figura. 9</a> .....	24
IX. <a href="#">Figura. 10 y 11</a> .....	25
X. <a href="#">Figuras. 12</a> .....	26
XI. <a href="#">Figura. 13</a> .....	27
XII. <a href="#">Figuras. 14 y 15</a> .....	30
XIII. <a href="#">Figura. 16</a> .....	31
XIV. <a href="#">Figura. 17</a> .....	32

## INDICE DE TABLAS

	Págs.
I. <a href="#">Tabla I</a> .....	22
II. <a href="#">Tabla II</a> .....	28
III. <a href="#">Tabla III</a> .....	33



## **“DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE EPIBIONTES EN EL TIBURÓN BALLENA *Rhincodon typus* (Smith, 1828) DEL CARIBE MEXICANO”**

### **RESUMEN**

El tiburón ballena (*Rhincodon typus*) es de gran importancia en el ecoturismo del Caribe Mexicano, por lo que se han realizado varios estudios relacionados sobre su biología general (distribución, migración, alimentación, reproducción); sin embargo, el presente estudio aborda el análisis de las interacciones con otras especies denominados epibiontes que comúnmente son observados en el tiburón ballena. En este trabajo, se determinó la diversidad y parámetros de infección (abundancia, prevalencia e intensidad) de los epibiontes, así como posibles diferencias intraespecíficas (talla y sexo). Las muestras, fueron recolectadas durante los meses de julio a septiembre de 2010 en las costas del Caribe Mexicano. Se registraron epibiontes de 26 ejemplares de tiburón (11 hembras y 15 machos), las especies más abundantes fueron *Pandarus rhincodonicus* con  $A=1.69$  y la menos abundante *Conchoderma virgatum* con  $A=0.85$ . El análisis de similitud (ANOSIM) indicó una alta similitud de epibiontes por talla ( $p<0.05$ ) o sexo ( $p<0.05$ ). Además, el análisis Sobs (gráficas de acumulación de especies) indicó que los tiburones del Caribe Mexicano presentaron un máximo de 4.25 especies de epibiontes y una media de  $B=2.51$  especies de epibiontes por tiburón. Finalmente, esta investigación también proporciona información de algunas actividades ecológicas del tiburón ballena que podrían contribuir con la identificación de rutas migratorias por la especificidad de organismos como el *P. rhincodonicus* que sólo se había registrado en las costas de Australia, asimismo, otras relaciones simbióticas podrían indicar un grado de infección que ponga en desventaja al hospedero para el desarrollo de su ciclo de vida, es decir, su estado de salud y con ello contribuir al manejo del tiburón ballena como atractivo ecoturístico en el Caribe Mexicano.

## ABSTRACT

The whale shark (*Rhincodon typus*) is of great importance in ecotourism in the Mexican Caribbean, which is why several related studies have been carried out on its general biology (distribution, migration, feeding, reproduction); however, the present study deals with the analysis of the interactions with other species called epibionts that are commonly observed in the whale shark. In this work, the diversity and infection parameters (abundance, prevalence and intensity) of epibionts will be developed, as well as possible intraspecific differences (size and sex). The samples were collected during the months of July to September 2010 on the coasts of the Mexican Caribbean. Epibionts of 26 shark specimens (11 females and 15 males) were recorded; the most abundant species were *Pandarus rhincodonicus* with  $A=1.69$  and the least abundant *Conchoderma virgatum* with  $A=0.85$ . The similarity analysis (ANOSIM) indicated a high similarity of epibionts by size ( $p<0.05$ ) or sex ( $p<0.05$ ). In addition, the Sobs analysis (species accumulation graphs) showed that sharks in the Mexican Caribbean had a maximum of 4.25 species of epibionts and a mean of  $B=2.51$  species of epibionts per shark. Finally, this research also provides information on some ecological activities of the whale shark that could contribute to the identification of migratory routes due to the specificity of organisms such as *P. rhincodonicus*, which had only been recorded off the coast of Australia. Potentially, other symbiotic relationships could indicate a degree of infection that puts the host at a disadvantage for the development of its life cycle, that is, its state of health and thereby contribute to the management of the whale shark as an ecotourism attraction in the Mexican Caribbean.

## INTRODUCCIÓN

El tiburón ballena (*Rhincodon typus*: Smith, 1828) es una especie cosmopolita que, por lo regular se encuentra en una franja alrededor del Ecuador distribuyéndose entre los 30°N y 30°S, hallándose en ambientes oceánicos y costeros de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico, principalmente en aguas epipelágicas a profundidades no mayores a los 50 m (Gunn et al., 1999; Faría et al., 2009; Morales, 2015).

Se distribuye por las zonas subtropicales, tropicales y templadas (Fig. 1), excepto en el Mar Mediterráneo (Compagno, 1984). En México el tiburón ballena se congrega en diferentes áreas geográficas, en la zona Noroeste principalmente el Golfo de California (Bahía de la Paz y Bahía de Los Ángeles) y en el sureste del país que incluye Isla Holbox, Quintana Roo en el Área Natural Protegida de Yum Balam (Hacohen, 2007; CONANP & SEMARNAT, 2008).



Fig. 1.- Distribución mundial del Tiburón Ballena (*Rhincodon typus*) en azul y en estrellas de color verde los sitios de agregación (basado en Morales, 2015).

En México, la importancia del tiburón ballena es desde el punto de vista ecoturístico, sin embargo, en la última evaluación en el 2016 aparece como especie en peligro de extinción (IUCN, 2021), por lo que aparece en el apéndice II de CITES (Brunnschweiler, 2009; Faría et *al.*, 2009). Mientras que en México está protegido por la NOM-029-PESC-2006 donde prohíbe la captura o retención de estos organismos y por la NOM 059-ECOL-02 donde se recomienda un constante monitoreo a partir de investigaciones para generar conocimiento con el fin de recomendar medidas de manejo y conservación de esta especie (IUCN, 2010).

Se han realizado diversos estudios del tiburón ballena en México como son: distribución, abundancia, genética, comportamiento alimenticio, así como el estudio de los posibles patrones migratorios en aguas mexicanas (Cárdenas-Palomo, 2007; Hacoheh, 2007), lo que ha contribuido a conocer parte la biología básica de este tiburón, donde se ha observado que la ocurrencia de avistamientos del tiburón ballena en el Caribe Mexicano se presenta durante los meses de mayo a septiembre (Frías-Torres, 2005; CONANP & SEMARNAT, 2008; SEMARNAT, 2018), su presencia se relaciona con diversos factores como los desoves de corales y de peces óseos, afloramientos planctónicos (fitoplancton y zooplancton), entre otros factores (Colman, 1997a; Gunn et *al.*, 1999; Ebert et *al.*, 2004; Ramírez, 2005; Bradshaw et *al.*, 2008; Brunnschweiler, 2009; Cárdenas- Palomo, 2010).

La segregación basada en el tamaño y el sexo del tiburón ballena (*R. typus*), está presente en la mayoría de las áreas de alimentación costeras conocidas de la especie, con sitios costeros dominados por tiburones machos juveniles. Los sitios de agregación más grandes de tiburones ballena albergan cientos o miles de individuos, según los recuentos y las estimaciones. Aunque los tiburones individuales son muy móviles, muchos muestran cierto grado de fidelidad a los sitios de agregación (UICN, 2021).

Durante el periodo de avistamientos, el tiburón ballena presenta interacciones bióticas dentro de la región, las cuales se dan entre dos o más especies se presentan todo el tiempo en el medio ambiente, estas relaciones son denominadas como simbiosis y a los organismos

que interactúan son denominados simbioses. En la naturaleza se pueden distinguir diferentes tipos de simbiosis como son: Mutualismo donde ambos simbioses se benefician.

Comensalismo en el que un simbiote se beneficia sin afectar a otro simbiote (Carroñeros y Foresis). Parasitismo un simbiote se beneficia al afectar a otro simbiote por la interacción (Romano, 2013).

Se han encontrado epibioses (organismos que viven sobre otros organismos) en distintos hospederos marinos, incluyendo la tortuga marina, ballenas, rayas, tiburones, entre otros organismos. Los epibioses pueden ser balanos duros, balanos blandos o percebes, anfípodos, copépodos, algas, briozoarios, rémoras e incluso algunas sanguijuelas marinas (Cheng, 1973, Greenblatt, 2004; Ayala & González, 2006). Muchos de estos epibioses se caracterizan por ser perjudiciales, ya que se ha demostrado que pueden ser vectores de algunas enfermedades que puedan afectar la salud del hospedero al transmitir, infectando con algunos parásitos sanguíneos provocando lesiones en la piel, por ejemplo, el fibropapiloma que se ha visto presente en las tortugas marinas, afectando ojos y boca, evitando encontrar alimento o evitando la ingesta del mismo.

Diferentes estudios han registrado que el tiburón ballena presenta organismos epibioses adheridos externamente al cuerpo del tiburón, lo que permite posibles relaciones simbióticas que incluyen mutualismo, comensalismo, foresis, entre otras; sin embargo, en muchos casos podría llegar a parasitismo. El tipo de relación dependerá de la especie de epibiose y la carga que presente en el hospedero, lo que en ocasiones pudiera llegar a afectar el estado de salud del hospedero (Hernández-Vázquez & Valadez-González, 1998; Ayala & González, 2006). Algunos epibioses pueden penetrar la piel del hospedero debido a la sujeción a su hospedero ocasionando daño en el músculo, poniendo en desventaja a este en cuestiones de hidrodinámica y/o movilidad para escapar de algún depredador o incluso para poder alimentarse, dependiendo del lugar de alojamiento de dichos epibioses. Por otro lado, algunos epibioses no sólo dañan la piel del hospedero, ya que pueden generar zonas de asentamiento de otros patógenos como pueden ser los balanos duros o los copépodos (Norman *et al.*, 2000; Baum *et al.*, 2002; Ayala & González, 2006).

Se ha observado en otros estudios que los organismos parásitos, en algunos de sus estadíos son de vida libre y afectan a sus hospederos, como tiburones y rayas. Los cuales, al colonizar, afectan directamente la salud del hospedero debido a que los parásitos se alojan directamente en las aberturas branquiales para su posterior acomodo interno del hospedero (Chisholm y Whittington, 2003).

En el caso del tiburón ballena, se ha reportado la presencia de epibiontes; sin embargo, se desconoce cuáles son las especies que están presentes en este tiburón y su relación con el hospedero, si depende de su talla y la temporada de colecta, así como la diversidad y su distribución en el tiburón en el Caribe Mexicano. En este contexto, la presente investigación aporta información relevante de las posibles trayectorias que realizan los tiburones ballena, niveles de infestación de epibiontes con relación al estado de salud, así como las posibles relaciones intrapoblacionales (intercambio de epibiontes) y que son de gran importancia para entender un poco más de la ecología del tiburón ballena.

## ANTECEDENTES

Williams y Williams (1986), reportó haber encontrado un balano de la especie *Conchoderma virgatum* (Spengler, 1790) adjunto a un copépodo, *Dysgamus atlanticus* (Streentrup & Lütken, 1861), quienes los catalogaron como una asociación en la que dichos organismos parasitaron la boca del tiburón ballena en las costas de Okinawa, Japón. Fue el primer registro de un balano blando sobre un copépodo parásito; sin embargo, el balano puede no ser permanente a ese copépodo, sin ser maligno al mismo ni al tiburón.

Se han realizado distintos estudios acerca de la fauna epibiótica que acompañan a algunos organismos para descifrar sus rutas migratorias, relaciones simbióticas o inferencias sobre filogenia. El trabajo realizado por Pfeiffer y Viers (1998) menciona que encontraron anfípodos (Amphipoda) en ballenas de la zona de California, con distintas etapas en su ciclo de vida, encontrando desde organismos con marsupios o bolsas ovígeras con huevecillos sin eclosionar, así como individuos juveniles y adultos. Los organismos, fueron identificados mediante fotografías con un microscopio de barrido para detallar su micro anatomía, lo cual indica que utilizan a sus hospederos como sitios de reproducción (comensales), además de observar que estos se transfieren entre ballenas adultas y crías.

Norman et al. (2000) recolectaron epibiontes de la familia Pandaridae (copépodo) de un tiburón ballena al Noroeste de Australia, identificándolo como nuevo registro de especie: *Pandarus rhincodonicus* sp. nov. esta especie está relacionada filogenéticamente con otros copépodos que se distinguen por sus características morfológicas. Los autores concluyen que esta es una relación simbiótica de tipo comensal que presentan con el tiburón ballena.

Por otra parte, se han realizado trabajos como el de Smit y Basson (2002) en el cual se recolectaron larvas hematófagas (parásitos) de isópodos del género *Gnathia*, registradas en las branquias, narinas y cavidad bucal del tiburón leopardo (*Poroderma pantherinum*) y otros elasmobranquios en las costas del Sureste de África, parte de los resultados mostraron diferentes etapas del ciclo de vida de estos organismos parásitos.

En el trabajo realizado por Benz *et al* en el 2003, se registraron cinco especies de copépodos parásitos de la familia Pandaridae en la superficie corporal de un tiburón blanco *Carcharodon carcharias* capturado en las costas de la Bahía Morro, al Noreste del Océano Pacífico en California central. Estos autores realizaron el primer reporte de copépodos parásitos recolectados de un tiburón blanco a lo largo de las costas del Pacífico americano, por lo que proponen una infección que dependerá de la riqueza de especies y que puede ser el resultado de la estrecha ruta migratoria que pueden compartir los tiburones blancos con otros elasmobranquios.

Existen epibiontes que llegan a considerarse parásitos y causar un daño al hospedero, por lo que este tipo de estudios son importantes para detectar el estado de salud del organismo estudiado, tal es el caso del estudio de Chisholm y Whittington (2003), los cuales encontraron rutas de infección de larvas de vida libre a causa de dos parásitos monogéneos registrados en las branquias de la raya *Rhinobatos typus*.

Rawson *et al.* (2003) emplearon balanos encontrados en tortugas marinas (*Caretta caretta*) para relacionar filogeográficamente comunidades de epibiontes pertenecientes a cinco poblaciones de esta tortuga en los océanos Pacífico y Atlántico, por medio de secuencias de la enzima citocromo c oxidasa I (COX1) de *Chelonibia testudinaria*. Estos autores proponen que las altas tasas migratorias de los organismos hospederos promueven la dispersión de los epibiontes y que las etapas más importantes suceden cuando los balanos están en etapa larvaria (vida libre o en etapa pelágica).

Asimismo, se han realizado estudios para conocer el estado de salud de organismos, como el estudio de Rameshkumar & Ravichandran (2010), quienes encontraron a dos isópodos parásitos en *Tilapia mossambica*, los cuales se alimentaban succionando la sangre de su hospedero, los isópodos hallados eran de distintas zonas geográficas alojándose en un mismo hospedero. Los géneros de isópodos eran *Cymothoa indica* comúnmente encontrado en el Indo-Pacífico y *Alitropus typus* encontrada comúnmente en el sureste de Asia.



Los esfuerzos por regular la actividad turística de avistamiento y nado con tiburón ballena en el Caribe Mexicano, se inició entre 2002 y 2003, a partir de entonces se han alcanzado diversos logros para el manejo de la especie y su ecosistema y para ordenar la actividad turística que comprenden el establecimiento de áreas protegidas, la inclusión de la especie en categoría de riesgo dentro de las normas oficiales mexicanas, además la creación de un área de refugio para la protección de la especie (SEMARNAT, 2021).

Por lo anterior y dado el valor ecológico de la especie que nos ocupa, el proceso de planificación del turismo de bajo impacto es crucial para desarrollar el potencial de esta actividad como una estrategia de conservación en sitios como las áreas naturales protegidas, para lo cual se desarrollan estimaciones de la capacidad de carga turística, que depende de las características del sitio y de las condiciones deseadas para éste. Así, las condiciones de mayor fragilidad del sitio se expresan en las limitantes sociales y físicas para realizar la visitación turística para esta actividad de aprovechamiento no extractivo, para asegurar la viabilidad de los sistemas ecológicos del área y por tanto establecer los límites y adaptaciones necesarios para evitar que el recurso natural en el que sustenta la actividad, se vea afectado por la misma visitación. (SEMARNAT, 2021).

## JUSTIFICACIÓN

Las investigaciones de esta especie de tiburón y su hábitat en la zona noroeste de la Península de Yucatán son escasas o en fases iniciales; sin embargo, la rapidez en el incremento del ecoturismo del tiburón ballena, pone en riesgo la sustentabilidad de su aprovechamiento (Cárdenas-Palomo, 2007).

Debido a que esta especie se encuentra catalogada en la lista roja de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (IUCN), es necesario realizar estudios en relación con los factores que puedan poner en riesgo la salud de la población de este tiburón, tal como la carga excesiva de epibiontes o algunos organismos que puedan catalogarse como dañinos para el tiburón ballena.

Se ha encontrado información de que ciertos epibiontes pueden aportar información indirecta en relación con el hospedero, así como relaciones de rutas migratorias, debido a que los epibiontes pudiesen provenir de zonas específicas. Asimismo, en otras especies de hospedero se ha demostrado que los epibiontes pueden ser portadores de enfermedades o lograr daños físicos al hospedero, lo cual puede debilitar al organismo y ponerlo en desventaja ante su medio ambiente y a los depredadores, como por ejemplo el fibropapiloma en tortugas marinas causadas por la inoculación del virus por medio de sanguijuelas marinas.

La utilidad de algunos indicadores ecológicos e índices de diversidad, usan como principal característica el uso de la abundancia, abundancia relativa (equitatividad), incidencia, entre otros indicadores que ayudarán a obtener información acerca de la ecología del tiburón ballena, debido a que al realizar estudios cuantitativos podrían ser comparativos a nivel mundial, además debido al interés ecoturístico, es necesario realizar investigaciones que aporten información para la conservación del tiburón ballena en el Caribe Mexicano, uno de los lugares con mayor número de avistamientos en el mundo.

**HIPÓTESIS:** Considerando que los elasmobranchios suelen presentar segregación sexual con relación a las tallas, se espera que la diversidad, distribución de los epibiontes y los parámetros de infección, varíen con la talla o el sexo de los hospederos.

**OBJETIVO GENERAL:**

- Determinar la diversidad y distribución de epibiontes en el tiburón ballena del Caribe mexicano.

**OBJETIVOS PARTICULARES:**

- a) Identificar la carga epibiótica presente en el tiburón ballena del Caribe mexicano.
- b) Determinar la diversidad de epibiontes en el tiburón ballena y sus posibles diferencias entre sexos y tallas.
- c) Determinar las áreas de distribución preferentes por los epibiontes sobre el tiburón ballena del Caribe mexicano.
- d) Determinar la diversidad y los parámetros de infección en el tiburón ballena del Caribe mexicano.

## ÁREA DE ESTUDIO

La Isla Holbox, se encuentra en Quintana Roo y forma parte del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, las cuales suman alrededor de 300,000 hectáreas (fig. 2), está ubicada entre los 21° 43' y 21°14' latitud N y los 87° 32' y 87° 07' longitud O (Diario Oficial de la Federación, 2004, SEMARNAT, 2018).

Las zonas de Cabo Catoche y de Isla Contoy, se ubican dentro de la Reserva de la Biósfera del Tiburón Ballena, así como diversos ecotonos y ecosistemas con una gran biodiversidad de especies amenazadas o en peligro de extinción, tanto terrestre como marinas, así como algunas especies endémicas destacando los dos cocodrilos mexicanos, otras especies como el manatí, el delfín, las tortugas caguama y carey, el flamenco, el hocofaisán, los cinco felinos silvestres, el jabalí de labio blanco y el tiburón ballena entre otros (DOF, 2004, SEMARNAT, 2018).

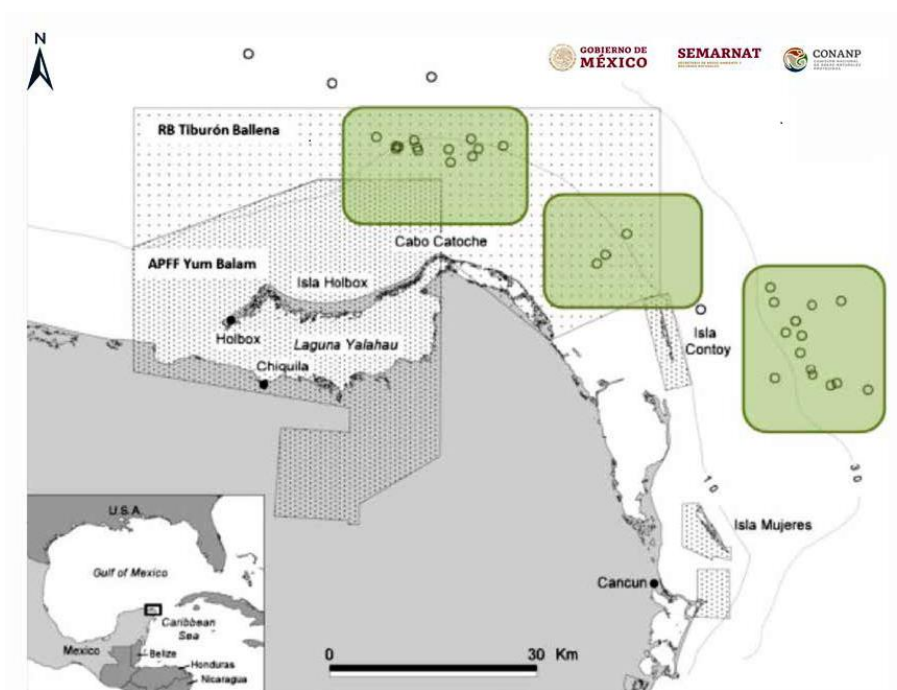


Fig. 2.- Área Natural Protegida Yum Balam y zonas de avistamiento del tiburón ballena

En esta área la topografía del fondo es profunda, la plataforma presenta una anchura entre 1 y 2 km, por la cual pasa la Corriente de Yucatán o corriente de lazo (Fig. 3) que se une a la corriente de la florida y la corriente de bucle, se presentan varios fenómenos de corrientes superficiales que sugiere el levantamiento de nutrientes que son aprovechados por diversos organismos como el plancton y que a su vez el tiburón ballena aprovecha como zonas de alimentación, también es lo que se conoce como el desplazamiento de las aguas del fondo marino. En pocos lugares del mundo se presentan estos nutrientes en la costa occidental (DOF, 2004; CONANP & SEMARNAT, 2008; Joanna Gyory *et al.*, 2003-2013, SEMARNAT, 2018).

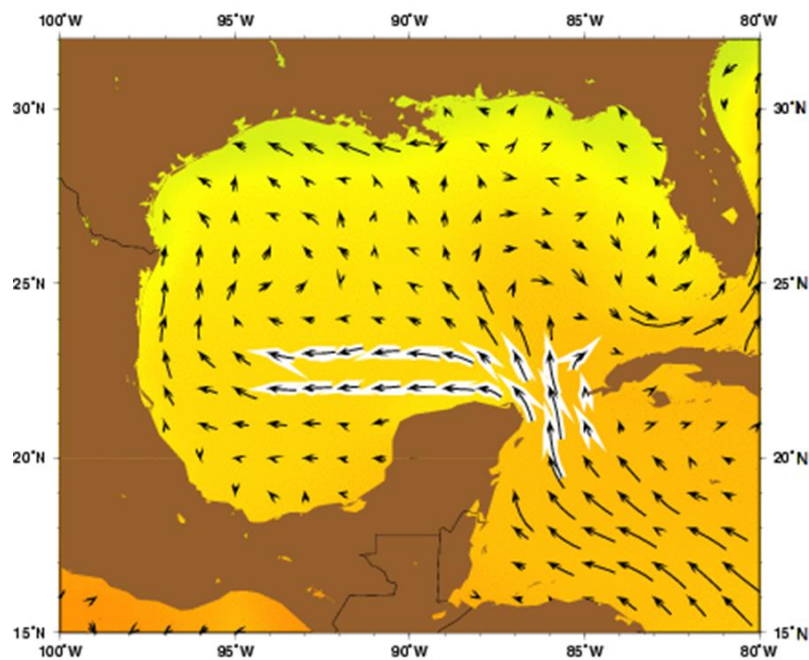


Fig. 3.- Corriente de Bucle de la Florida alimentada por la corriente de Yucatán (Joanna Gyory *et al.*, 2003-2013)

En la figura 3 se presenta la Corriente de Yucatán junto con algunas corrientes superficiales en el área de estudio (Merino, 1997), las cuales remueven el piso del océano aportando nuevos nutrientes para el aprovechamiento de los afloramientos de fitoplancton y eficiencia fotosintética siendo las zonas más productivas donde los tiburones ballena se encuentran en mayor número. Los tiburones ballena son filtradores y se alimentan de plancton, larvas de peces, crustáceos, moluscos y microalgas (CONANP & SEMARNAT, 2008).

## METODOLOGÍA

El presente trabajo se dividió en tres etapas, las cuales fueron: 1) Trabajo de campo o toma de muestras; 2) Análisis de muestras o trabajo en el Laboratorio y 3) Trabajo de gabinete.

- 1) Para el desarrollo de este trabajo de campo se realizaron salidas diarias durante un mes, que abarcaba del 15 de julio al 15 de agosto de 2010, en una embarcación de 7.8 m (26 pies) y dos motores fuera de borda de 50 hp (Fig. 4), en ocasiones se contó con el apoyo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), facilitando la embarcación, así como capitanes para la búsqueda del tiburón ballena en varios puntos de la zona de muestreo.



Fig. 4.- Tripulación en busca de tiburón ballena y manta gigante.

Una vez que se localiza al tiburón, se tomaron medidas aproximadas de la longitud total (LT) con referencia al tamaño de la embarcación (Fig. 5), posterior a la estimación del tamaño y con equipo básico (visor, snorkel y aletas) y una cámara fotográfica digital modelo Power Shot G11 marca CANON, con su respectivo equipo sumergible (housing), se tomaron videos y fotografías para realizar la determinación del sexo, así como el registro de alguna marca de tipo satelital o placa para identificar si el organismo ha sido visto en otras ocasiones en la zona.



Fig. 5.- Talla aproximada del tiburón ballena, tomando la embarcación de referencia.

Las fotografías y videos se tomaron a una distancia aproximada de un metro del tiburón ballena siguiendo las recomendaciones de la CONANP, tratando de obtener imágenes de los epibiontes, para referenciar dichos organismos en la superficie de su hospedero, tanto de la parte ventral como la dorsal desde el hocico y hasta la aleta caudal para la identificación de la relación entre la incidencia de epibiontes y su preferencia en áreas determinadas o específicas del tiburón ballena, así como la proporción de epibiontes entre machos y hembras además de entre las tallas de los tiburones se tomaron.

Posteriormente, se realizó una recolección de los epibiontes desde la boca hasta la aleta caudal, tanto de la parte dorsal como la ventral (Fig. 6) y se fueron registrando en una hoja de campo (Anexo), si el tiburón llegó a presentar epibiontes, con ayuda de bolsas herméticas y pinzas, se recolectó la mayor cantidad de epibiontes encontrados para su posterior preservación en hielo y poder realizar los análisis respectivos (Fig. 7). Asimismo, los organismos epibiontes fueron registrados en una base de datos para su posterior análisis estadístico (Anexo).



Fig. 6.- Inspección visual del tiburón ballena con equipo básico en busca de epibiontes.



Fig. 7.- Recolección de epibiontes en el tiburón ballena.

- 2) La segunda etapa de este trabajo fue analizar las muestras en el laboratorio. La primera subetapa fue el reconocimiento por taxón de los epibiontes, utilizando



información de los epibiontes encontrados en otros hospederos, es decir, tortugas, rayas, entre otros.

Una vez identificado el taxón, la segunda subetapa fue realizar la foto identificación correspondiente al organismo que se recolectó, los cuales pueden ser algas, anfípodos, peces, cirripedios, copépodos, sanguijuelas, etc., para intentar llegar a nivel de especie de ser posible.

En una tercera subetapa se tomaron fotografías de los epibiontes recolectados utilizando estereoscopios con cámaras digitales, como el que se tiene en el laboratorio de Edad y Crecimiento del IPN-CICIMAR, un estereoscopio Olympus Laptronic Scientific al cual se le adaptó una cámara digital Sony CCD-IRIS con una tarjeta de digital Targa 1000 para utilizarse con un software llamado DVR CAPTURE donde se pueden obtener medidas y características morfológicas de dichos epibiontes recolectados.

Los epibiontes recolectados de los tiburones ballena fueron identificados en el laboratorio de Plancton del IPN-CICIMAR bajo la asesoría del Dr. Ricardo Palomares, a partir de documentos de descripción (Norman *et al.*, 2000), de igual forma se utilizó una guía de foto identificación de peces del Golfo de México (Dickson Hoese & Moore, 1998) y por último, se observaron características morfológicas en un microscopio estereoscopio y se compararon con organismos depositados en la colección del laboratorio de Carcinología del Instituto de Biología de la UNAM (CNCR 22683). Sin embargo, había algunos otros epibiontes de distintos grupos taxonómicos, en forma de esferas negras en un solo hospedero, los cuales no se pudieron identificar por la dificultad de su recolección.

- 3) La tercer etapa fue el trabajo de gabinete, donde se utilizó el software PRIMER v6 que por sus siglas en inglés Rutina en Estudios Ecológicos Multivariados (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) consiste en un amplio rango de rutinas univariadas, gráficas y rutinas multivariadas para el análisis de matrices de especies por muestra de una comunidad ecológica. Los datos comunes son la Abundancia, Biomasa, Porcentaje de área cubierta (o lineal), presencia o ausencia, entre otros datos. Los métodos de este programa realizan algunas suposiciones de acuerdo con los datos (orden no paramétricos y pruebas de permutas que son esenciales para la aproximación) y concentraciones en las aproximaciones que son sencillas de explicar (Clarke y Gorley, 2006).

Esta solidez lo hacen ampliamente aplicable, destacando su confianza para la interpretación de los datos y como dicen los autores (Clarke y Gorley), particularmente en las ciencias marinas donde se utilizan componentes de biodiversidad como los de abundancia, prevalencia e intensidad que también los han utilizado por Bush et al. (1997) y la abundancia relativa utilizados en el trabajo de Ayala y González (2006), los cuales se explican a continuación:

El cálculo de la abundancia representa el número de individuos de un epibionte en particular en un total de hospederos revisados y está dado por:

$$A = \frac{e_i}{h_i} \quad (1)$$

Donde:

A = Abundancia

$e_i$  = total de individuos de i epibionte

$h_i$  = número total de hospederos revisados

La prevalencia es el número de hospederos infectados con uno o más individuos de uno o más grupos taxonómicos de epibiontes dividido por el número de hospederos examinados (expresión 2), se calcula por separado para cada especie o grupo taxonómico de epibionte. Este índice es utilizado para determinar la proporción de epibiontes en una muestra de hospederos y se expresa en tanto por ciento.

$$P = \frac{h_i}{h_t} * 100 \quad (2)$$

Donde:

P = Prevalencia

$h_i$  = número de hospederos con la especie i de epibionte

$h_t$  = número total de hospederos examinados

La intensidad es el porcentaje estimado de individuos de una especie en particular de epibiontes en un solo hospedero (expresión 3). Este cálculo muestra una forma de densidad con una unidad de muestreo específicamente definida como un solo hospedero que presente epibiontes. Es similar a la carga epibiótica y extensión de epibiontes expresada en porcentaje.

$$I = \frac{e_i}{h_i} * 100 \quad (3)$$

Donde:

I = Intensidad

$e_i$  = total de individuos pertenecientes a la especie o taxón de i epibionte

$h_i$  = número de hospederos con la especie o taxón de  $i$  epibionte

Asimismo, se determinó la abundancia relativa para observar qué especie o taxón recolectado es el que tiene mayor presencia, en porcentaje, en el tiburón ballena en el Caribe Mexicano.

$$AR = \frac{e_i}{e_t} * 100 \quad (4)$$

Donde:

AR = Abundancia Relativa

$e_i$  = total de individuos pertenecientes a la especie o taxón de  $i$  epibionte

$e_t$  = número total de epibiontes recolectados de todas las especies

Además, se utilizarán índices de diversidad taxonómica usando del mismo software PRIMER, el cual se basa en la relación taxonómica entre especies. Este índice permite evaluar la estructura taxonómica de especies de zonas particulares, además de que no son dependientes del tamaño de muestra y esfuerzo del muestreo y no necesitan del supuesto de normalidad de los datos (Warwick & Clarke, 2001).

En este trabajo se realizó el índice de distinción taxonómica promedio o delta más ( $\Delta^+$ ; Clarke and Warwick, 2001) que es un indicador cualitativo que sólo considera la ausencia/presencia de las especies. Se calcula sumando la longitud de las rutas a través del árbol taxonómico, conectando todos los pares de especies en la lista y dividido por el número de rutas. Cada nivel jerárquico taxonómico recibe un valor proporcional escalado a 100 es decir porcentaje y está definido por la siguiente ecuación:

$$\Delta^+ = 2 \frac{\sum \sum_{i \neq j} \omega_{ij}}{S(S-1)} \quad (5)$$

Donde:

S = número de especies en la muestra

$\omega_{ij}$  = distancia taxonómica entre especies *i* y *j* del árbol taxonómico

De tal manera que la variación de la distinción taxonómica o lambda más ( $\Delta^+$ ; Clarke and Warwick, 2001) está basado en la equidad de la distribución del nivel taxonómico del árbol taxonómico, es una aproximación de la asimetría del árbol taxonómico, definiéndolo con la siguiente ecuación:

$$\Lambda^+ = 2 \frac{\sum \sum_{i \neq j} (\omega_{ij} - \varpi)^2}{S(S-1)} \quad (6)$$

Donde:

$\varpi = \Delta^+$

Se utilizaron índices como el de Shannon que ayuda a medir la biodiversidad. También se realizaron diversos análisis de similitud (ANOSIM) y algunos otros como los de Porcentajes de Similitud (SIMPER), Escalas Multidimensionales (MDS) y comparaciones por grupos denominados CLUSTER (Warwick & Clarke, 2001).

En las comparaciones por grupos (CLUSTER), se realizó una matriz de disimilitud euclidiana, a la que se le aplicó el método de promedio grupal. Posteriormente, se aplicó un análisis de perfil, es decir, de similitud porcentual (SIMPER) que sugiere el número de grupos a representar como sexo y tallas de los tiburones, (Warwick & Clarke, 2001).

El análisis de la Gráfica de Acumulación de Especies (Species Accum Plot) traza el número total creciente de diferentes combinaciones de especies (S), por lo que a medida que las muestras se agrupan sucesivamente se presentan las especies observadas (curva 'Sobs'). Se analiza una matriz de especies x muestras (excepto el índice de Chaol, que requiere conteos genuinos y usa la estructura de presencia / ausencia). Esto se lleva a cabo 999 veces y las curvas resultantes se promedian, dando una curva S suavizada. La forma analítica de este valor medio de la curva de acumulación (Índices UGE) fue dada por Ugland K, Gray JG & Ellingsen K (Warwick & Clarke, 2001).

Por lo tanto, PRIMER v6 incluye varios intentos de extrapolaciones S para predecir el número total real de las especies que se observan a medida que el número de muestras tienden a infinito (la asíntota de la curva de la acumulación de especies), en el presente trabajo se realizarán 6 extrapolaciones, estos se calculan a medida que se agregan cada nueva muestra, por lo que el resultado es nuevamente una curva de la evolución de la predicción de S a medida que aumenta el tamaño de la muestra. Cuando las muestras se ingresan en órdenes de permutas, las predicciones son nuevamente el promedio de los estimadores (999 cada uno), con enfoques no paramétricos, por ejemplo, el número de especies vistas sólo en 1 o 2 muestras (Chao2, Jackknife 1 y 2) o el número de especies que sólo tienen 1 o 2 individuos en todo el grupo de la muestra (Chao 1) o el conjunto de proporciones de muestras que contienen cada especie (Bootstrap) (Warwick & Clarke, 2001).

## RESULTADOS

Durante la temporada de avistamiento del tiburón ballena en el Caribe Mexicano en el 2010, se revisaron un total de 26 tiburones ballena (*R. typus*), con un total de 11 hembras y 15 machos. Como se muestra en la fig. 8, las hembras obtuvieron una talla máxima de longitud total (LT) de 8m mientras que la talla menor fue de 4m, mientras que los machos se avistaron en una talla máxima (LT) de 8.5m y una mínima de 3m. En esta misma figura se muestra de igual forma la distribución de frecuencias de tallas pertenecientes a machos y hembras respectivamente, donde se encuentran 6 tiburones machos y 4 tiburones hembras de 6m (LT) como los tiburones con tallas más frecuentes observados, mientras que los menos observados son los machos con 3,4, 8 y 8.5m (LT) y las hembras con 4m (LT) con 1 sólo organismo de esta talla.

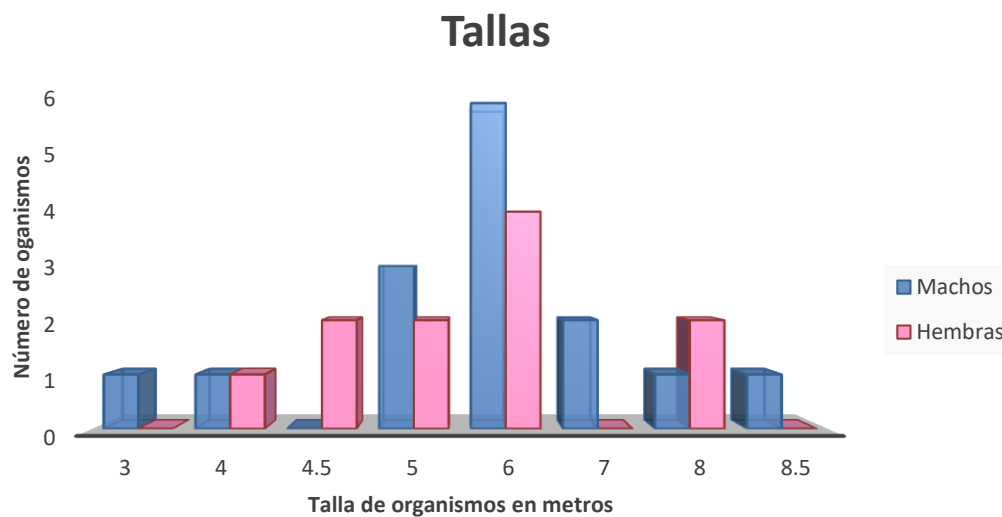


Fig. 8.- Distribución de la Longitud Total (LT) en metros de *Rhincodon typus* en el Caribe Mexicano en la temporada de avistamiento de 2010.

Se encontraron distintos epibiontes compartiendo un mismo hospedero, aunque en algunos casos se hallaron un sólo tipo de epibionte en un sólo hospedero, como se observa a continuación en la tabla I, haciendo notar que, de los 26 organismos revisados, sólo se encontraron epibiontes en 18 tiburones. Asimismo, se distinguieron los epibiontes encontrados con una proporción en 6 hembras y 12 machos.

Tabla I.- Distribución de epibiontes observados por hospedero.

Hospedero N°	Epibiontes				
	<i>Pandarus rhincodonicus</i>	<i>Remora remora</i>	<i>Conchoderma virgatum</i>	<i>Cirripedia *balano</i>	+Organismos esféricos de color negro
I-H-8		3			17%
II-M-6		2			
IV-H-5		1			
V-H-6		4			
IX-M-5		1	9		
XII-M-4		1			
XIII-M-5		3			
XIV-M-5		6			
XVI-H-8		3	13		
XVII-M-3		2		1	
XVIII-M-7		3			
XIX-M-6		2			
XX-M-7		2			
XXII-M-6	1	2			
XXIII-M-8	23	1			
XXIV-H-4	16	1			
XXV-H-5	1	2			
XXVI-M-6	3	2			

NOTA: Se representan con **número romano** los hospederos que presentaron epibiontes en orden de aparición; **H**=Hembra, **M**=Macho y las tallas en metros al final.

\* Organismos identificados a taxón exclusivamente

+ Organismos sin identificar y cuantificados en porcentaje de cobertura

Se observaron 44 organismos de la especie *Pandarus rhincodonicus* (Norman *et al.*, 2000) de los cuales sólo 8 ejemplares fueron recolectados, debido a la dificultad para su captura. Dichos organismos tuvieron una longitud media de 8.13 mm y un ancho medio de 4.75 mm (n=8), estos organismos se encontraron principalmente en la aleta caudal y en la



aleta dorsal, sin embargo, también fueron observados en menor cantidad en las aletas pectorales y en la boca.

Los organismos de la especie *P. rhincodonicus* estuvieron presentes en cinco tiburones ballenas de los cuales, tres eran machos y dos hembras, dos tiburones macho con tallas de 6m (LT) y el tercero de 8m (LT), mientras que las hembras presentaron tallas de 4m y 5m respectivamente. Los dos tiburones de la misma talla, se les hallaron con 1 y 3 organismos copépodos respectivamente y el tercer macho se le observaron 23 copépodos, mientras que en las hembras la de menor talla contuvo 16 copépodos epibiontes y la otra hembra presentó 1 epibionte de esta especie (Tabla I).

El *P. rhincodonicus*, se ha observado junto a otras especies de copépodos del mismo género y que podrían confundirse, como por ejemplo con la especie *Pandarus cranchii*, sin embargo, difieren en la armadura del margen posterior del cefalón (Fig 9), los platos del segmento 2 (Pdl) se extienden hasta los límites del segmento 4, por otra parte la ramificación doble de la cauda, presentes en las hembras y la forma plana de la zona abdominal dorsal (Fig. 9 ), además de la distribución y número de espinas y setas en los apéndices torácicos (Norman et al., 2000). Por otra parte, la pigmentación característica como motas en el organismo.

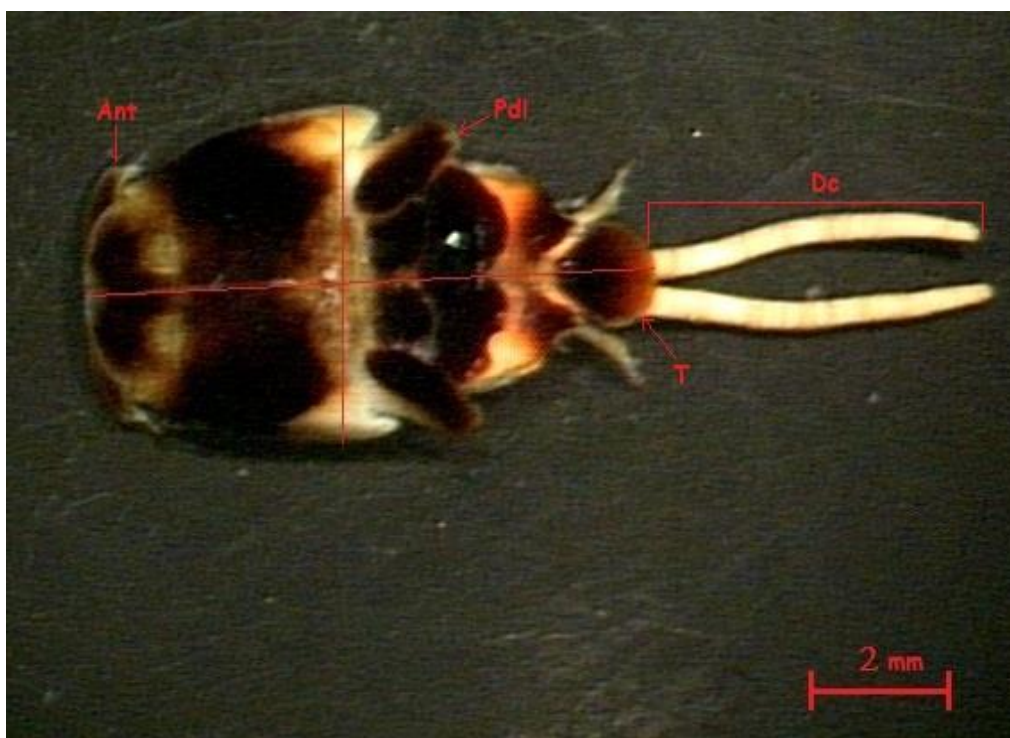


Fig. 9.- *P. rhincodonicus*: Antena (Ant); Platos dorsolaterales (Pdl); T (Telson); Doble cauda (Dc).

Otro de los epibiontes registrados en el presente trabajo fueron los de la especie *Conchoderma virgatum* en un total de 22 organismos en dos tiburones, el primero de los hospederos fue en un macho con talla de 5m (LT) con un total del 9 epibiontes de esta especie, mientras que un mayor número de percebes fue encontrado en una hembra con talla de 8m (LT) con un número total de 13 organismos (Tabla I).

El género *Conchoderma* (Olfers, 1818), son organismos denominados como percebes y en el presente trabajo fueron hallados en el tiburón ballena, se caracterizan por ser cirripedios que presentan placas calcáreas muy reducidas y vestigiales (balanos blandos), separadas una de otra, sin apéndices caudales y los cirros arreglados en forma de peine con líneas a lo largo del capitulum (Pilsbry, 1907, Fig. 10). Los organismos de esta especie epibionte, se hallaron presentes en la aleta caudal del tiburón ballena (Fig. 11).

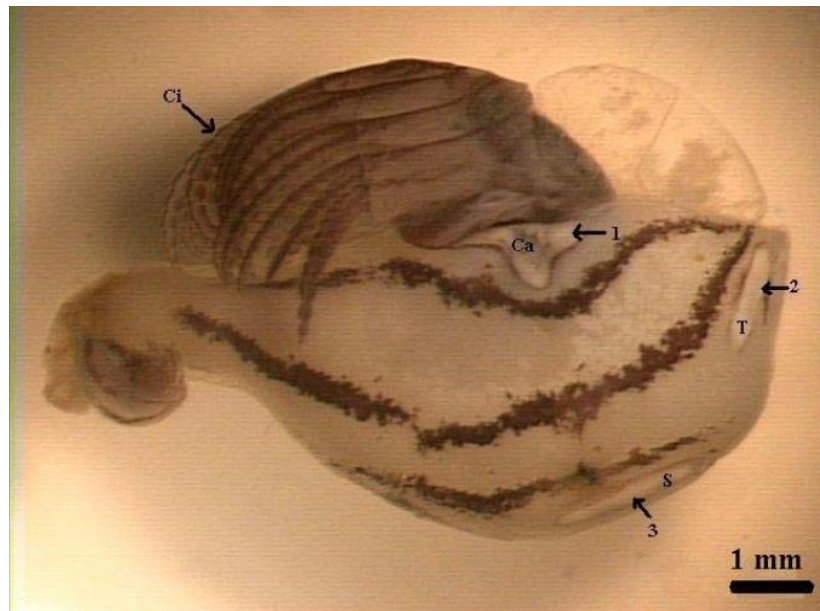


Fig. 10.- *C. virgatum*; Ci: Cirros; Ca: Carina; T: Tergum; S: Scutum; 1, 2, 3 placas calcáreas.



Fig. 11.- Percebes de la especie *Conchoderma virgatum*, presentes en la aleta caudal.

Por otro lado, otros epibiontes presentes como huéspedes del tiburón ballena fueron las rémoras de la especie *Remora remora* (Gill, 1862), estos organismos se hallaron en todos los tiburones revisados, tanto en machos como hembras y asimismo en todas las tallas de los hospederos, no se obtuvieron muestras o ejemplares estos de organismos por su

destreza de nado que al poder sujetarse y soltarse a su conveniencia del tiburón, fue imposible la captura, por lo que se identificaron mediante las fotografías obtenidas (Fig. 12).



Fig. 12.- Réмора en busca del hospedero, de la especie *Remora remora*.

Las rémoras de esta especie, llegan a medir hasta 80 cm de longitud (Fig. 12), con cuerpo alargado y robusto, lo más característico es la gran ventosa debida a la modificación de la aleta dorsal dando origen a un disco succionador o ventosa que utilizan para la sujeción de otros organismos como tiburones, rayas, tortugas, algunos cetáceos, objetos flotantes, entre otros; también se distinguen por presentar una coloración que va de parda a clara, mientras que en los juveniles puede ser más clara que parda, en ocasiones muestran una línea oscura a lo largo del cuerpo (Fisher, 1995; Dickson & Moore, 1998 y Farfan et al., 2009).



Fig. 13.- Rémora sujeta a un tiburón ballena cerca de las branquias.

Otra de las características particulares de las rémoras, es presentar las aletas pélvicas unidas casi por completo al abdomen (Fisher, 1995, Fig. 13). Generalmente, se caracterizan por alimentarse de pequeños parásitos de sus hospederos, principalmente en etapas juveniles, más específicamente de copépodos.

Los dos organismos epibiontes que no se pudieron identificar, se presentaron en menor cantidad y sólo fueron hallados en dos tiburones respectivamente, el primero de estos organismos fue el balano duro del género *Cirripecta* hallado en un tiburón macho con talla de 3m (LT), mientras que los organismos esféricos de color negro no se pudo determinar el taxón y tampoco se pudo determinar si eran individuos por separado o colonias de individuos epibiontes por lo que su presencia se expresó en porcentaje de cobertura con valor de 17% en un tiburón ballena hembra con talla de 8m (LT) (Tabla I).

En la tabla II, se observan las especies de epibiontes y número de tiburones sobre los que se encontraron, indicando los componentes de biodiversidad como la abundancia, prevalencia, intensidad y abundancia relativa. Los valores son para cada uno de los organismos epibiontes hallados en el hospedero.

Tabla II.- Componentes de Biodiversidad de la comunidad de epibiontes en tiburón ballena (*R. typus*) en aguas del Caribe Mexicano.

Epibionte	N° de Hospederos	Abundancia (promedio)	Prevalencia (%)	Intensidad (%)	Abundancia Relativa (%)
<i>Pandarus rhincodonicus</i>	5	1.69	19.23	8.80	40.74
<i>Remora remora</i>	18	1.58	69.23	2.28	37.96
<i>Conchoderma virgatum</i>	2	0.85	7.69	11.00	20.37
Balano	1	0.04	3.85	1.00	0.93

Los organismos no identificados y cuantificados en porcentaje de cobertura **no** se incluyen debido a que no se pueden aplicar en estos índices descriptivos.

Los resultados observados en el presente trabajo indican que tipo de epibionte se encuentra en mayor número, en donde los copépodos de la especie *Pandarus rhincodonicus* son los que tienen el valor más alto con una abundancia de A=1.69 epibiontes por hospedero y la abundancia relativa con un valor de AR= 40.74% respecto a otras especies de epibiontes, siendo los organismos más recolectados u observados a lo largo del muestreo. Estos copépodos son seguidos por las rémoras con A= 1.58 y AR= 37.96%, percebes con A= 0.85 y AR= 20.37%, así por último el balano con A= 0.04 y AR= 0.93% respectivamente (Tabla II), los organismos que no fueron tomados en cuenta por la falta de datos son los organismos esféricos de color negro.

Con respecto a los valores de la prevalencia, indica que las rémoras sean las que presenten el valor más elevado con un resultado de P= 69.23%, organismos epibiontes que fueron encontrados en todos los tiburones, seguidas de los copépodos con P= 19.23%, percebes con P= 7.69% y por último el balano con P= 3.85% (Tabla II).

De acuerdo a la intensidad, los valores muestran que son mayores para los percebes con  $I= 11$ , al encontrar el mayor número de epibiontes sobre los hospederos, seguido de los copépodos con un valor de  $I= 8.8$ , las rémoras con una  $I= 2.28$  y por último el balano con un valor de  $I= 1$ , en orden de importancia para estos componentes de biodiversidad.

Se observaron 44 copépodos de la familia Pandaridae y de la especie *Pandarus rhincodonicus* sp. nov., los cuales fueron encontrados en el lóbulo superior de la aleta caudal, en la aleta dorsal y en la zona pre caudal, todos en la parte dorsal del hospedero.

En el análisis entre la frecuencia de sexos, para poder observar si existía alguna preferencia de los epibiontes por sexo del hospedero, se puede referir en la tabla I, los resultados demuestran que no existe diferencia entre los sexos de los tiburones con un valor de  $p<0.4$  debido a que la R general tiene un valor de  $-0.008$ , lo que indica que está muy cerca de 0 y por lo tanto una gran similitud entre los hospederos que presentan epibiontes, lo que además se muestra en la línea punteada de la figura 14.

Los resultados para encontrar una posible diferencia con respecto a las tallas de los tiburones ballena (fig. 8); sin embargo, los resultados muestran que no hay diferencias entre tallas con un valor de  $p<0.36$ , los niveles de significancia indican una similitud en las abundancias (Fig. 15), lo que indica que podemos encontrar epibiontes en cualquiera de los hospederos revisados, con un valor de R de  $0.032$ , muy cercano al 0, similitud entre las tallas de los tiburones.

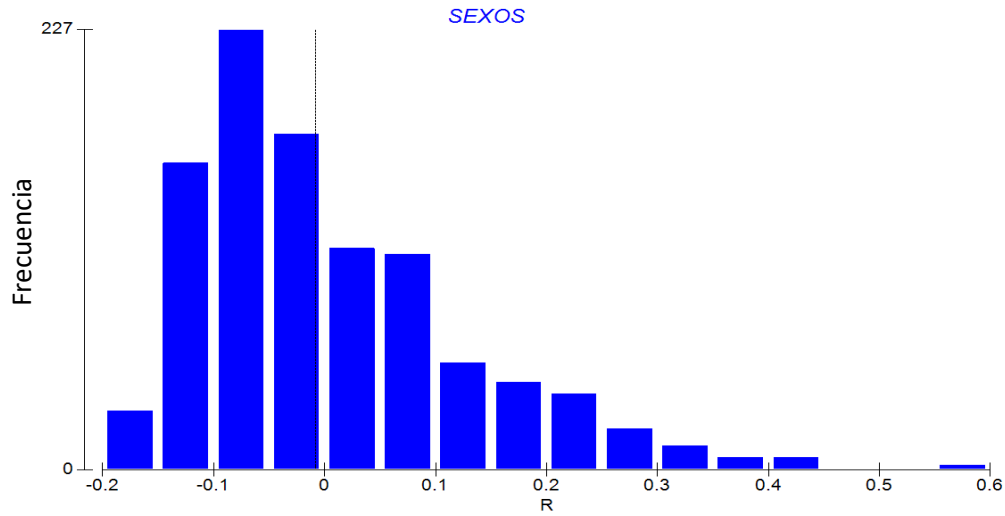


Fig. 14.- Distribución de frecuencias entre sexos de los tiburones ballena para relacionar la preferencia de los epibiontes.

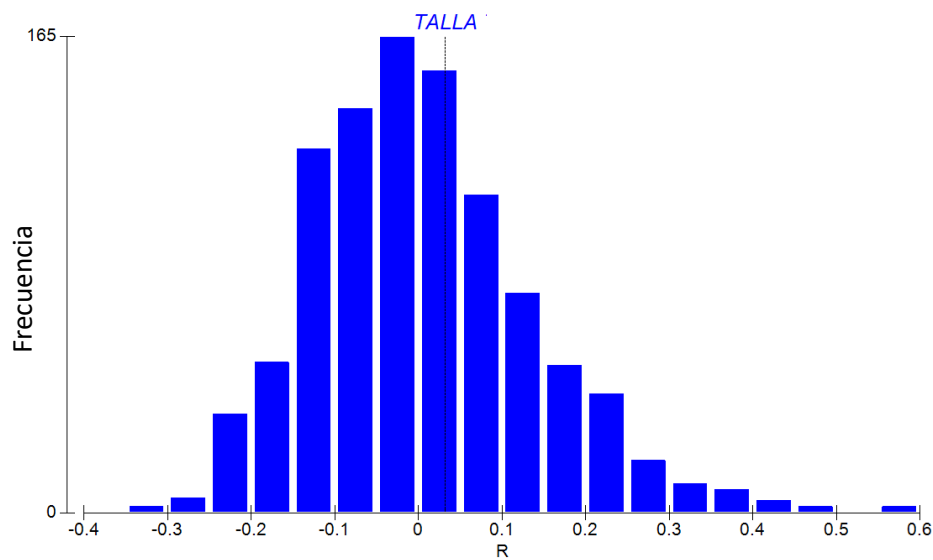


Fig. 15.- Distribución de frecuencias de tallas del tiburón ballena para relacionar la preferencia de los epibiontes.

De acuerdo a los resultados encontrados con respecto a las tallas, en el análisis del Cluster y un SIMPROF se infiere que existe un solo grupo de tiburones ballena y que son juveniles (no mayores a 8.5m), es decir, que se agruparon tiburones con cantidades similares de epibiontes sin mostrar una preferencia a colonizar a tiburones de grandes tallas o tallas pequeñas como se observa en la fig. 16, mostrando valores del promedio grupal del 20% en total, mientras que las similitudes entre los tiburones de diferentes tallas no varían más del 7%.



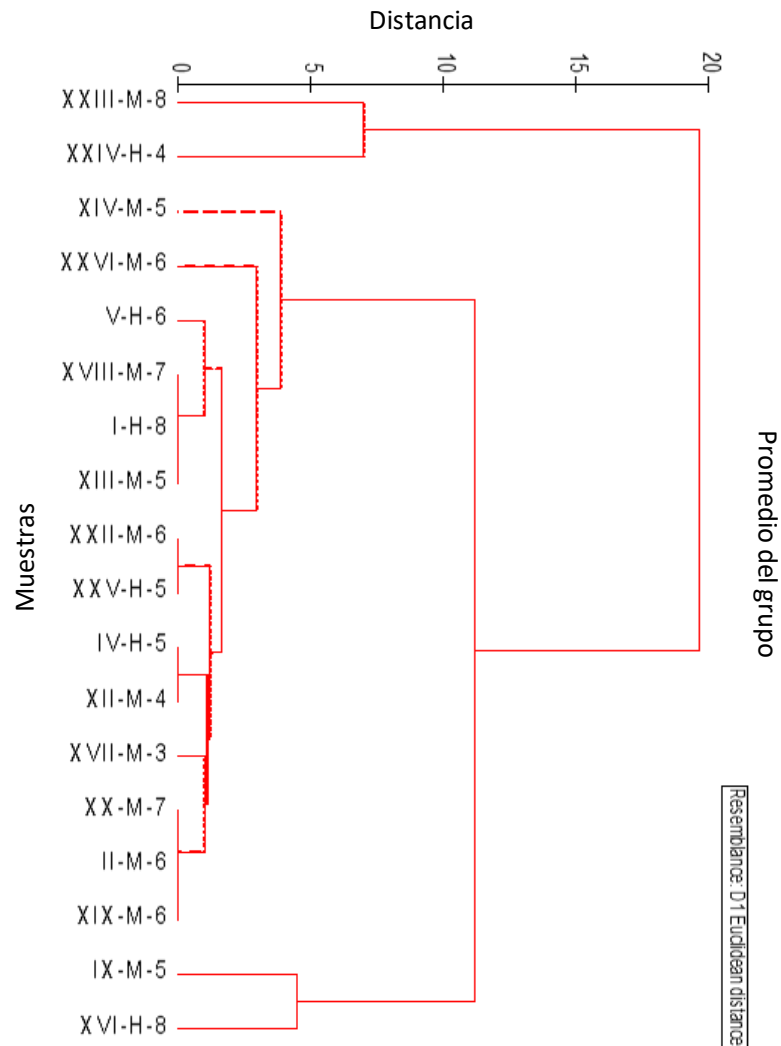


Fig. 16.- Similitud de sexos y tallas la cantidad de epibiontes presentes en cada hospedero.

De tal forma, que en el SIMPROF se muestran similitudes con respecto al género *Remora* que se presentan en todos los hospederos 100% en los 26 tiburones; mientras que la disimilitud es debido a la presencia de los epibiontes del género *Pandarus* principalmente quienes son, después del género *Remora*, los que tienen mayor presencia en las tallas mencionadas (grandes y pequeños), siendo los de Percebes del género *Conchoderma* los organismos con menor presencia en los hospederos.

Por otra parte, se calculó el número total de especies o muestras observadas (Sobs, Acumulación de Especies), proporcionando una gráfica comparativa de las muestras observadas (Fig. 17), de las que se obtuvieron los siguientes resultados:

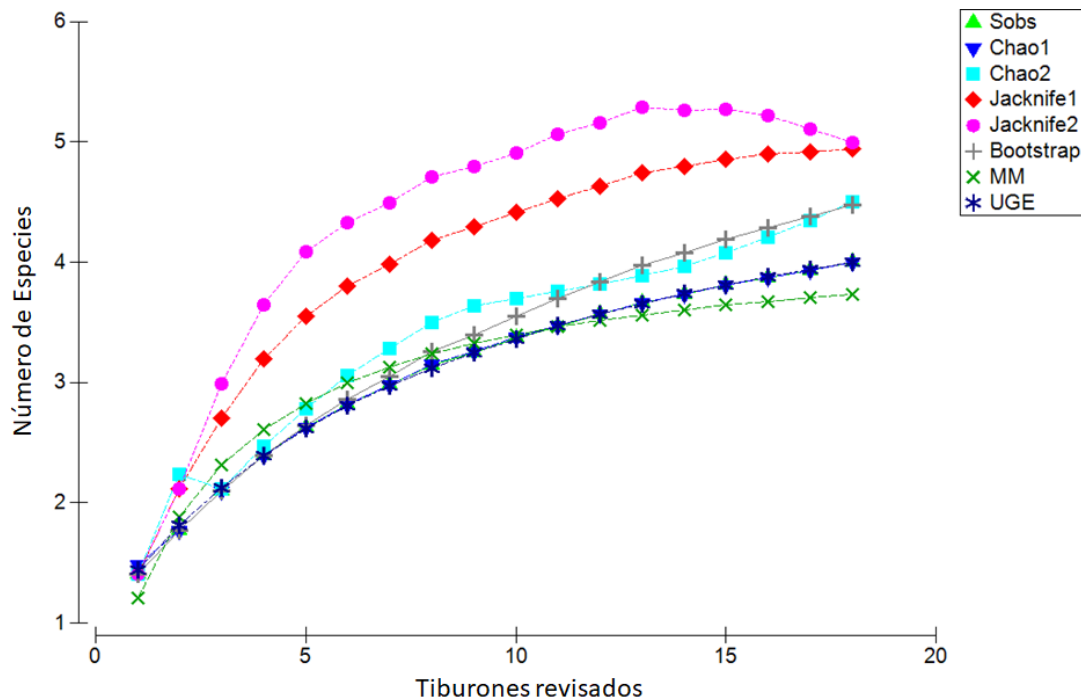


Fig. 17.- Acumulación de especies de epibiontes y promedio de especies de epibiontes por tiburón revisado.

La curva denominada UGE que son combinaciones separadas con valores máximos de 3.5 especies por tiburón ballena e igualmente se muestra aproximaciones no paramétricas dependientes del número de especies vistas (Chao2, Jackknife1 y 2) con valores de 4, 4.5 y 5 posibles especies de epibiontes por hospedero respectivamente lo que contrasta el Chao1 con que son muestras agrupadas con 1 o 2 especies del conjunto de muestras, lo que indica que los tiburones en el área muestreada tienen una acumulación máxima de 4.25 organismos hallados de diferentes especies epibiontes o que viven sobre el tiburón ballena y un promedio  $B = 2.51$  de especies epibiontes por tiburón (MM).

Por último, los diferentes índices de diversidad al comparar corroboran algunos de los índices propuestos inicialmente (Ayala & González, 2006), con valores que se observan en la tabla III y la distribución en los tiburones (machos, hembras y/o alguna talla en particular) y que se describen los valores posteriores a la tabla mencionada:

Tabla III.- Índices de Diversidad taxonómica con respecto a los 18 de 26 hospederos revisados.

<b>Muestra</b>	<b>S</b>	<b>N</b>	<b>d</b>	<b>J'</b>	<b>Brillouin</b>	<b>Fisher</b>
<b>I-H-7.8</b>	1	3	0	****	-4.38E-17	0.5253
<b>II-M- 5.7</b>	1	2	0	****	-1.16E-17	0.7959
<b>IV -H-5</b>	1	1	****	****	0	****
<b>V-H-6</b>	1	4	0	****	-1.16E-17	0.428
<b>IX-M-5</b>	2	10	0.4343	0.469	0.2303	0.7518
<b>XII-M-4</b>	1	1	****	****	0	****
<b>XIII-M-5</b>	1	3	0	****	-4.38E-17	0.5253
<b>XIV-M-5</b>	1	6	0	****	-4.43E-17	0.3427
<b>XVI-H-8</b>	2	16	0.3607	0.6962	0.3955	0.6033
<b>XVII-M-3</b>	2	3	0.9102	0.9183	0.3662	2.622
<b>XVIII-M-7</b>	1	3	0	****	-4.38E-17	0.5253
<b>XIX-M-6</b>	1	2	0	****	-1.16E-17	0.7959
<b>XX-M-7</b>	1	2	0	****	-1.16E-17	0.7959
<b>XXII-M-6</b>	2	3	0.9102	0.9183	0.3662	2.622
<b>XXIII-M-8</b>	2	24	0.3147	0.2499	0.1324	0.5187
<b>XXIV-H-4</b>	2	17	0.353	0.3228	0.1667	0.5888
<b>XXV-H-4.5</b>	2	3	0.9102	0.9183	0.3662	2.622
<b>XXVI-M-6</b>	2	5	0.6213	0.971	0.4605	1.235

Donde los valores de “S” muestran un máximo de 2 organismos y un mínimo de 1 por hospedero que presentaba epibiontes; de la misma forma, la riqueza (d) arroja valores máximos de 0.9 y mínimos de 0.3 especies, los valores de cero indican que sólo hay una sola especie en el hospedero lo que refleja una riqueza mínima, por otra parte, el índice de equidad de Pielou (J') tiene valores máximos de 0.9 y mínimos de 0.2 siendo similar a los valores del índice anterior.

También se muestra en la tabla III, el índice de Brillouin, (índice de Shannon) que nos arroja valores máximos de 0.4 para la biodiversidad, sin embargo toma en cuenta la riqueza y disminuye cuando la mayoría de los elementos pertenecen a una misma categoría.

Por otro lado, la diversidad de Fisher ( $\alpha$ ), que hace referencia a la biodiversidad en un área en particular tiene valores máximos de 2.6 y mínimos de 0.3 especies, también tomando en cuenta la riqueza, sin muestra de preferencia en sexo, talla o incluso área del tiburón (*Rhincodon typus*).

## DISCUSIÓN

Los copépodos epibiontes son comunes en los peces de gran tamaño y muchos han sido identificados en el tiburón ballena, un ejemplo de ello son los siphonostomatoideos como el *Pandarus rhincodonicus* (Norman *et al.*, 2000) que se presentan en esta investigación. Además, los trabajos de Yamaguti (1963), así como el de Rowat & Brooks (2012), mencionan que otro copépodo siphonostomatoideo como el *Prosaetes rhinodontis* ha sido hallado sobre el tiburón ballena sin especificar el área donde se halló, siendo Wright en 1877 describe el lugar de la presencia de los epibiontes en las almohadillas de filtración del hospedero en mención.

Los organismos de la especie *Pandarus rhincodonicus* detectados en el presente trabajo ya había sido previamente registrados como epibiontes del tiburón ballena en las costas de Australia y coinciden con la descripción de Norman *et al.* (2000) para esta especie, quienes mencionan que estos epibiontes poseen abdomen triangular, el abdomen es más corto que las ramas caudales curvas y un doble somito genital definidas en las proyecciones posteriores, dichas características taxonómicas son muy parecidas a su similar *Pandarus cranchii* el cual está catalogado como un epibionte parásito y que pudiesen confundirse, sin embargo, no hubo presencia de este último en el presente trabajo de investigación.

Benz *et al.* (2003) mencionan copépodos de la misma familia *Pandaridae* que han sido registrados en la superficie del cuerpo de otros elasmobranquios como el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) en las costas de Morro Bay ; sin embargo, solo hacen mención de la presencia de estos organismos por lo que cabe destacar que no se han realizado estudios con respecto a los índices de abundancia, abundancia relativa, prevalencia, intensidad, etc., por tal motivo no se ha podido comparar estadísticamente entre las zonas estudiadas y sólo se han realizado estudios descriptivos de la especie *Pandarus rhincodonicus* (Norman *et al.* 2000).

Norman *et al.* (2000) mencionan que el *P. rhincodonicus* es un registro como nueva especie y que presenta una relación simbiótica con su hospedero, además determinaron que este epibionte no daña al tiburón ballena, por lo que los autores describen una relación simbiótica de comensalismo, debido a que se alimenta de las bacterias que se encuentran en la piel del tiburón ballena, además sugieren que el epibionte es trasladado de un lugar a otro por sus hospederos, llevando a cabo todo su ciclo de vida sobre el tiburón ballena, esto se infiere al haber presencia de algunos organismos con sacos ovígeros, así como distintos tamaños del epibionte, el estudio se realizó en Australia; sin embargo, en el presente trabajo, la presencia de epibiontes de la familia *Pandaridae* fueron hallados en tiburones ballena del Caribe Mexicano, con este reporte se sugiere una extensión de la distribución de la especie de este copépodo.

En la presente investigación, se propone que los copépodos (*Pandarus rhincodonicus*) hallados sobre los tiburón ballena al momento del estudio en el 2010, podrían presentar cierta especificidad geográfica, ya que sólo habían sido descritos en las costas de Australia, por lo tanto, el epibionte es trasladado de un lugar a otro por sus hospederos, llevando a cabo todo su ciclo de vida sobre el tiburón ballena, esto se infiere al haber presencia de algunos organismos con sacos ovígeros, así como distintos tamaños del epibionte (Normal *et al.*, 2010).

Se ha observado la presencia de estos organismos de la familia *Padaridae* en la piel de tiburones ballena, sin embargo, se sabe que se encuentra con frecuencia en los labios de los tiburones y las aletas, la forma hidrodinámica del copépodo minimiza las fuerzas de arrastre; mientras que una serie de almohadillas de adhesión y los apéndices en forma de ganchos permiten que se sujete con fuerza a la piel del tiburón. El borde del caparazón también puede ayudar a generar un vacío que pulse el copépodo firmemente hacia abajo sobre la piel, actuando como una ventosa (Walter and Boxshall, 2008).

Norman *et al.* en el 2000 proponen a la especie *Pandarus rhincodonicus* como un organismo específico de este hospedero; sin embargo, se carecen de investigaciones relacionada con la distribución espaciotemporal de este copépodo, lo cual evita el inferir

algún registro geográfico específico entre epibionte y hospedero. Además, el epibionte *P. rhincodonicus* si bien puede desplazarse por sí mismo en las aguas pelágicas, su tamaño es reducido para trasladarse grandes distancias, lo que sugiere que el tiburón ballena es un medio de transporte de este organismo, además de proporcionar sustrato para vivir y de alimentación. Los tiburones prefieren los afloramientos de plancton que en su mayoría están compuestos por copépodos de distintas especies, lo cual podrían aprovechar el *P. rhincodonicus* para la obtención de parejas para la reproducción, explicando un poco la presencia de este epibionte en las aguas del Caribe Mexicano.

Con respecto a la presencia de las rémoras, se observó una abundancia relativa menor que la de los copépodos, tomando el segundo lugar de estos índices (tabla II). Esto se puede explicar por el hecho de que esta especie de pez óseo es cosmopolita y se adhiere a toda clase de hospederos, en los que se incluyen tiburones, rayas, delfines, ballenas y diversos tipos de peces; sin embargo, no se han hecho estudios con los índices de abundancia, abundancia relativa, prevalencia e intensidad anteriormente, lo que permite comparar con algunos otros autores referente al tiburón ballena.

De esta forma se puede explicar la presencia de este epibionte, debido a que son organismos considerados oportunistas y cosmopolitas. Las rémoras se pueden beneficiar de esta asociación de varias maneras, incluyendo el transporte, las oportunidades de alimentación y protección de los depredadores los cuales sin hacer daño a su hospedero pueden obtener alimento y transporte, obteniendo una relación simbiótica comúnmente de forosis (transporte sin dañar ni beneficiar al hospedero) (Ayala & González, 2006).

El epibionte *Remora remora* detectado en el presente trabajo se propone que tiene una relación simbiótica de comensalismo, debido a que se observó a este organismo sujetado del tiburón ballena la mayor parte del tiempo y principalmente durante los momentos de alimentación del hospedero succionando las masas de plancton y alimentándose de organismos epibiontes, entre los que probablemente se hallaban copépodos, eufásidos y estados larvarios de otros organismos como se menciona en el trabajo de Stevens (2007) y Rowat & Brooks (2012).

La distribución de la rémora en su hospedero no es considerada específica (Cheng, 1973) en el presente trabajo se encontraron sujetas en las aberturas branquiales, aletas, parte ventral del tiburón, cabeza y cercanos a la boca. No se observó una preferencia a cierta zona del tiburón para su estancia, debido a que la mayor parte del tiempo estos organismos buscan a otros hospederos principalmente como medios de transporte, como rayas, delfines, ballenas, entre otros, incluyendo barcos y objetos flotantes (Ayala & González, 2006).

La presencia de los *Conchoderma virgatum* hasta ahora han sido registrados como epibionte de las tortugas marinas, como la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en aguas uruguayas (Luciana-Alonso *et al.*, 2010); sin embargo esta especie de percebe o balano blando tiene una distribución cosmopolita, se encuentra en cualquier cuerpo de agua salada, en aguas tropicales y templadas; estos balánidos se pueden adherir a cualquier clase de objeto flotante, así como a animales con movimientos lentos (Bugoni *et al.*, 2001). Cabe destacar que los percebes *Conchoderma virgatum* tuvieron presencia como un epibionte con un gran número de organismos en pocos hospederos, Dicho organismo, siendo de vida sésil, eligió a su hospedero para colonizarlo o bien pudo haber desarrollado sus estados larvarios sobre el tiburón ballena.

Benz (1984) menciona una relación simbiótica entre copépodos de la familia Pandaridae y el epibionte de la especie *Conchoderma virgatum*; de acuerdo con Williams & Williams (1986) quienes describieron una relación simbiótica entre copépodos y los cirripedios de la especie *Conchoderma virgatum*, quienes se encontraban ubicados en la boca del tiburón ballena, siendo los copépodos de movimientos lentos y pueden ser el medio de transporte de los percebes, ayudando a la fijación en los tiburones ballena que presentan un mayor sustrato para los cirripedios.

Los balánidos de la especie *Conchoderma virgatum* no presentaron una preferencia por el sexo o talla de su hospedero (tabla I), aunque que estos organismos se presentaron en dos hospederos, estos fueron de distinta talla y de diferente sexo; pero un valor de intensidad mayor a los otros epibiontes. Esto, podría explicar el hecho de que los percebes se establecen rápidamente y producen una gran cantidad de biomasa y abundancia, como



mencionan Álvarez y Celis (2004), además Ayala y González (2006) mencionan la relación simbiótica de foreshis entre *Conchoderma virgatum* y su hospedero, en el tiburón ballena (*Rhincodon typus*) son considerados de la misma manera, el percebe aprovecha el nado del tiburón, el cual produce un flujo mayor de agua, lo que le facilita la alimentación al epibionte que utiliza sus cirros para la filtración, de esta forma este epibionte no refiere preferencia en cuanto al sexo o talla del hospedero.

Aunque los valores para el balano duro fueron los más bajos (tabla II) y que se encontró un solo ejemplar, no se pudo recolectar por la fuerte fijación del epibionte, por lo general son organismos que se encuentran en mamíferos marinos o reptiles como las tortugas marinas; sin embargo por la poca información que se encuentra al respecto de las relaciones de este epibionte con el hospedero *Rhincodon typus* es necesario el desarrollo de investigaciones para confirmar si fue un evento aislado o en realidad son epibiontes que desarrollan una relación simbiótica con el tiburón ballena.

El número de muestras del balano duro no fueron suficientes para calcular los índices propuestos en este trabajo. Esto puede explicarse debido a que la temporada de reclutamiento del balano duro no coincide con las de alimentación del tiburón ballena, lo cual dificulta el encuentro epibionte-hospedero, como se menciona para la relación entre los balanos duros y las tortugas marinas en el trabajo de Ayala y González (2006).

Rohde (1993) menciona que los balanos duros en ocasiones pueden llegar a lacerar el tejido, perforando y llegando al músculo de su hospedero por efecto de la sujeción del epibionte y manteniendo la mayor parte del cuerpo sobre el hospedero, en cuyo caso la relación simbiótica se tornaría en parasitismo. Esto no se observó en el presente trabajo, el organismo hallado fue demasiado pequeño para lastimar al tiburón ballena. Lo que podría hacer inferencia que las zonas de avistamientos del tiburón ballena en el Caribe Mexicano, podría ser una zona de alimentación como menciona Cárdenas-Palomo *et al.* (2010) y zona de reproducción, sin embargo, esta última observación se necesitan más estudios al respecto para determinarlo.

Clarke y Gorley (2006) mencionan que las combinaciones realizadas con el software PRIMER en diversos índices taxonómicos sirven para obtener resultados de cuantas especies de epibiontes se encuentran en cada hospedero, como el que se realizó en el presente trabajo y del cual podemos observar en la figura 17, son las distintas extrapolaciones y medias del número de especies epibiontes que pueden llegar a presentar los hospederos de cierta zona y la comparación entre otras.

En la figura 17, se hace referencia a las En el presente trabajo sólo se determinó de la zona del Caribe mexicano, donde se observa la máxima capacidad de albergar un total de 4.25 especies de epibiontes por hospedero y un promedio de 2 especies de epibiontes por hospedero. Dicho análisis considera el índice de Michaelis Menton que hace referencia a las muestras observadas sin importar un tamaño de muestra (Clarke y Gorley, 2006).

## CONCLUSIONES

La segregación pronunciada, basada en el tamaño y sexo del tiburón ballena sugeriría una preferencia de los epibiontes para colonizar o infestar a su hospedero, sin embargo, se observaron similitudes en la presencia de epibiontes en la mayoría de los tiburones sin importar la talla o el sexo, lo que sugiere aceptar la hipótesis nula, registrando epibiontes en diferentes tallas de tiburones, es decir, de 3 m a 8 m de longitud y asimismo tanto tiburones machos como tiburones hembras en los sitios de avistamiento.

Se identificaron 3 especies de epibiontes en los tiburones ballena del Caribe mexicano y un organismo a nivel familia en la temporada de avistamiento del año 2010, por lo que se infiere que puede haber diversos organismos epibiontes manteniendo relaciones simbióticas con el hospedero. En la presente investigación se determinaron las simbiosis de comensalismo y forosis.

Se propone que la diversidad (Fisher) es baja debido a que el total de organismos de las diferentes especies son de proporción pequeña, se sugiere que existen aproximadamente un máximo de 4.5 epibiontes presentes en la población de tiburón ballena y un promedio de 2.5 epibiontes por hospedero existente en la temporada de avistamiento en el año 2010 en el Caribe mexicano.

En cuanto a la distribución de los epibiontes en cuanto a tallas y sexos del hospedero, no se encontró un patrón de aglomeración en los diferentes tiburones revisados, lo que sugiere una similitud sin importar la talla o el sexo del hospedero, es decir, que se pueden encontrar epibiontes de las diferentes especies sin presentar preferencia de tamaño o sexo, se propone que los epibiontes eligen a su hospedero al azar.

De acuerdo a los parámetros de abundancia y abundancia relativa de los epibiontes, no se observa una infestación que pudiese determinarse como un factor de riesgo o desventaja en la biología de los tiburones, lo que sugiere, que los epibiontes presentes en la población de tiburones existente en la temporada de avistamiento en el año 2010 en el

Caribe mexicano podrían ser fauna acompañante de los tiburones ballena e incluso se propone que los hospederos sean vectores de los epibiontes con otras especies.

Los resultados de este trabajo sugieren que los epibiontes del género *Pandarus* pueden ser considerados comensales del tiburón ballena, ya que no se encontraron evidencias de ningún tipo de daño o afectación en la piel del hospedero y tuvieron valores de prevalencia e intensidad (19.23 y 8.8 %, respectivamente) que no presentan peligro para el hospedero y si una importante relación ecológica entre huésped y hospedero.

La especie *Remora remora*, se propone como una especie que tenga una relación simbiótica de tipo foreshis, ya que usa a sus hospederos como medio de transporte y protección ante otros organismos que pudiesen ser depredadores, las evidencias en el momento del muestro indica que no afecta la piel del hospedero así como tampoco se encontró evidencia de que alguna rémora se estuviese alimentando de algún otro organismos mientras estaba sobre el tiburón ballena o incluso sin alimentarse de las sobras del hospedero.

Los parámetros de abundancia presentan un promedio de 1.58 y una abundancia relativa del 37.96% de la especie *Remora remora* presentes en los tiburones ballena, siendo esta la segunda especie epibionte con mayor avistamiento en su hospedero aceptando de igual forma el planteamiento de que estos epibiontes usan a su hospedero como medio de transporte y protección para poder llegar a otros sitios, sin importar la talla ni el sexo del hospedero.

Con respecto a los valores de prevalencia con 69.23 % y una intensidad del 2.28 % para determinar una posible infestación, se propone que los organismos del género *Remora*, no representan un riesgo para el tiburón ballena, además, no se observaron ciclos de vida completos en el tiburón como sustrato para su desarrollo biológico, simplemente como medio de transporte, incluso se observaron comportamientos de desprendimiento e intercambio de hospederos, esto sugiere que estos epibiontes pueden ser cosmopolitas.

Los organismos epibiontes del género *Conchoderma*, de acuerdo a los valores en los parámetros de abundancia con un promedio de 0.85 y una abundancia relativa del 20.37 % indican una presencia en el tiburón ballena en el tercer lugar, es decir, que si bien están presentes no son organismos comunes, esto sugiere que tienen una relación simbiótica de comensalismo que no afecta a su hospedero y lo utiliza como medio para alimentarse, debido a que mientras el tiburón tiene movimiento crea corrientes de agua que aprovechan estos epibiontes para filtrar su alimento.

En cuanto a los valores en los índices de prevalencia e intensidad de los percebes o balanos blandos de la especie *Conchoderma virgatum* propone que no hay un riesgo de infestación para el tiburón ballena del Caribe mexicano, con valores de 7.69 % y 11 % respectivamente. Se observó de igual forma, que los organismos presentaban diferentes tamaños, sin embargo, ninguna evidencia de un posible ciclo de vida completo al usar al hospedero como sustrato para vivir, una posible causa es que se adhieren a los tiburones en zonas donde no existe una actividad de nado rápido y que pudiese aumentar la posibilidad de colonizar a los tiburones.

Por último, se encontró un organismo sin hacer posible su identificación a nivel especie y sólo se puso determinar el grupo de la familia Balanidae, es decir, un balano duro que en algunas otras especies pudiese presentar un riesgo a la integridad física del tiburón ballena, esto de acuerdo a la forma de fijación del organismo en su hospedero, sin embargo, no se pudo realizar una recolecta del organismo y poder observar algún daño en la piel del tiburón.

Con respecto a los valores de abundancia con un promedio de 0.04 y una abundancia relativa de 0.93 % aloja a este epibionte en el cuarto y último lugar de presencia como epibionte en el tiburón ballena del Caribe mexicano en la temporada 2010. Para este organismo se propone una relación simbiótica de comensalismo, debido a que igual que los percebes, son organismos filtradores que requieren de corrientes de agua para poder filtrar su alimento.

La prevalencia e intensidad con valores de 3.8 % y 1 % respectivamente como parámetros de infestación, no son suficientes para determinar un posible daño a los tiburones como hospederos de este epibionte, asimismo, no fueron datos suficientes para determinar un posible desarrollo biológico en su ciclo de vida y concluir el estatus cosmopolita que refieren otras investigaciones.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar muestreos que involucren dos o más temporadas de avistamientos del tiburón ballena en las mismas zonas del Caribe Mexicano con el fin de verificar si existen diferencias anuales en la diversidad de especies o carga epibiótica del tiburón ballena.

Al respecto, se considera necesaria la realización de más investigaciones así como la combinación de otros estudios y la colaboración de otras instituciones tanto nacionales como internacionales, que ayuden a la comprensión e interpretación de las diferentes relaciones como posibles infecciones e infestaciones de epibiontes para inferir si los epibiontes podrían ser indicio del buen estado de salud del tiburón o todo lo contrario, contribuyendo así a la generación de información de valor de esta especie e incluso de los epibiontes.

Se recomienda en este tipo de investigaciones, reforzar con estudios de tipo genético, debido a que los tiburones ballena se desarrollan lentamente, probablemente tomando unos 20 años para alcanzar la madurez, su diferenciación genética puede estar enmascarada por el hecho de que los tiburones de diferentes áreas pueden recorrer distancias muy grandes en sus vidas. En comparación, algunos epibiontes podrían reproducirse rápidamente y suponiendo que sólo se reproducen en el tiburón ballena, en el supuesto de ser específicos de este hospedero. Por lo tanto, su ADN se puede utilizar como una etiqueta o marcador biológico para distinguir entre las poblaciones de tiburones ballena que visitan las diferentes áreas del Caribe mexicano.

De la misma forma, se recomienda realizar más muestreos donde se puedan incluir distintas áreas de avistamiento, estudios del tipo de alimento ingerido por el tiburón ballena e inferir acerca de los epibiontes hallados en el hospedero, así como la posibilidad de que el tiburón ballena sea vector de algunas especies para colonizar nuevas zonas, como la posible

colonización del copépodo *Pandarus rhincodonicus*, debido a que el resto de los epibiontes presentes en esta investigación se conocen como cosmopolitas.

Finalmente se recomienda realizar estudios diversos para fomentar el conocimiento de la biología del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) así como sus relaciones ecológicas de los medios en los que se desarrolla, para la contribución de información sobre la gestión de la conservación y manejo de las distintas áreas entre ellas las turísticas que integran su desarrollo en este organismo y el desarrollo de las sociedades que dependan de este.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala D. M. & González C. I. 2006. **Epibiontes de Tortuga Golfina (*Lepidochelys olivacea*) en las Costas de San José del Cabo, Baja California Sur.** Tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz Baja California Sur, México. 63 pp.
- Álvarez, F. & A. Celis, 2004. **On the occurrence of the *Conchoderma virgatum* and *Dosima fascicularis* (Cirripedia, Thoracica) on the sea snake, *Pelamis platurus* (Reptilia, Serpentes) in Jalisco, Mexico.** Crustaceana. 77(6): 761-764.
- Baum C., W. Meyer, R. Stelzer, L.G. Fleischer & D. Siebers, 2002. **Average nanorough skin surface of the pilot whale (*Globicephala melas*, Delphinidae): considerations on the self-cleaning abilities based on nanoroughness.** Springer-Verlag. Marine Biology 40: 653-657
- Benz G. W., 1984. **Association of the pedunculate barnacle, *Conchoderma virgatum* (Spengler, 1790), with pandarid copepods (Siphonostomatoida: Pandaridae).** Canadian Journal of Zoology, 1984, 62(4): 741-742.
- Benz G. W., Mollet H. F., Ebert D. A., Davis C. R. & Van Sommeran A. R. 2003. **Five Species of Parasitic Copepods (Siphonostomatoida: Pandaridae) from the Body Surface of a White Shark Captured in Morro Bay, California.** Pacific Science. University of Hawaii Press. 57(1): 39-43.
- Bradshaw C. J. A., Fitzpatrick B. M., Steinberg C. C., B. W. Brook & M. G. Meekan. 2008. **Decline in Whale Shark size and abundance at Nigaloo Reef over the past decade: The World's Largest fish is getting smaller.** Elsevier. Biological Conservation. 141: 1894-1905.
- Brunnschweiler J. M., Baensch H., Pierce S. J. & Simsk D. W. 2008. **Deep-diving behaviour of a whale shark *Rhincodon typus* during long-distance movement in the western Indian Ocean.** Journal of Fish Biology. 74:706-714.

- Bugoni, L., L. Krause, A. Oliveira de Almeida & A. A. de Pádua Bueno. 2001. **Balánidos comensales de tortugas marinas de Brasil**. *Noticiero de Tortugas Marinas*. 94: 7-9.
- Bush A. O., K. D. Lafferty, J. M. Lotz & A. W. Shostak. 1997. **Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited**. The Journal of Parasitology. 83(4): 575-583.
- Cárdenas-Palomo N. 2007. **Distribución Espacio-Temporal de Variables Hidrobiológicas Asociadas con el uso del Hábitat del Tiburón Ballena (*Rhincodon typus*) en el Noreste de la Península de Yucatán**". CINVESTAV, Unidad Mérida. Tesis de Maestría. 88 pp.
- Cárdenas-Palomo N., Herrera-Silveira J. y Reyes O. 2010. **Distribución espacio-temporal de variables fisicoquímicas y biológicas en el hábitat del tiburón ballena *Rhincodon typus* (Orectolobiformes: Rhincodontidae) al norte del Caribe Mexicano**. Rev. Biol. Trop 58(1): 399-412.
- Cheng T. C. 1973. **General Parasitology**. Academic Press, Inc. E.U.A. 965 pp.
- Chisholm L. A. and I. D. Whittington. 2003. **Invasion of the shovelnose ray (*Rhinobatos typus*) by *Neoheterocotyle rhinobatidis* and *Merizocotyle icopae* (Monogenea: Monocotylidae)**. Parasitology. Cambridge University Press. 127: 561-570.
- [CITES] **Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres**. 2003. Lista de especies CITES [Internet]. Ginebra (SW): CITES; [citado 2021 jul 28]. Disponible en: [https://checklist.cites.org/#/es/search/output\\_layout=alphabetical&level\\_of\\_listing=0&show\\_synonyms=1&show\\_author=1&show\\_english=1&show\\_spanish=1&show\\_french=1&scientific\\_name=Rhincodon+typus&page=1&per\\_page=20](https://checklist.cites.org/#/es/search/output_layout=alphabetical&level_of_listing=0&show_synonyms=1&show_author=1&show_english=1&show_spanish=1&show_french=1&scientific_name=Rhincodon+typus&page=1&per_page=20)
- Clarke, K. R. y Gorley, R.N. 2006. **PRIMER v6: User Manual/Tutorial**. United Kingdom: PRIMER-E Ltd. 190 pp.
- Clarke, E. & Nelson, D. R. 1997. **Young whale shark, *Rhincodon typus*, feeding on a copepod bloom near La Paz, Mexico**. Environmental Biology of Fishes. 50: 63-73.

- Clarke K.R. & R.M. Warwick. 2001. **Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and interpretation**. 2<sup>nd</sup> edition. Eprimer-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory, UK. 86pp.
- Colman, J.G. 1997a. **A review of the biology and ecology of the Whale Shark**. Journal of Fish Biology. (51): 1219-1234.
- Compagno, L.J.V. 1984. **Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date**. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO fish synopses. 125(4):1-250.
- CONANP & SEMARNAT. 2008. **Domino: Proyecto del Tiburón Ballena del Atlántico Mexicano**. liga en internet <http://www.domino.conanp.gob.mx/oceano.htm>
- Diario Oficial de la Federación, 2004. Quinta Sección. 15 de marzo 59 pp.
- Dickson Hoese H. & Moore R. H. 1998. **Fishes of the Gulf of Mexico (Texas, Louisiana and Adjacent waters)**. Texas A&M. University Press. 2<sup>a</sup> Ed. 422 pp.
- Ebert D. A., H. F Mollet, A. Baldridge, T. Thomas, K. A. Forney & W. E. Ripley. 2004. **Ocurrence of the whale shark, *Rhincodon typus* Smith 1828, in California waters**. Northwestern Naturalist. 85: 26-28.
- Faría V.V., Venancio M. I., H.B. Thiago, M.S. Leonardo, J.-Q. Bruno, B.F.G. Otto, & A.A.F.-N. Manuel. 2009. **Captura incidental de um tubarão-baleia *Rhincodon typus* (Orectolobiformes, Rhincodontidae), na costa do Ceará, Nordeste do Brasil**. Pan-American Journal of Aquatic Science. 4(4). pp. 599-604
- Farfan. L. E., Acero P. A. y Grijalba-Bendeck, M., 2009. **Presencia de *Remorina albescent* (Perciformes: ECHENEIDAE) en el Caribe Colombiano, incluyendo una clave de identificación para las especies de la familia en Colombia**. Bol. Invemar [online]. vol.38, n.2, pp. 241-247.
- Frías-Torres, S. 2005. **Large pelagic fish distribution in the tropical western Atlantic relevant to conservation**. Proceedings Gulf and Caribbean Fisheries Institute 56: 253-258.

- Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter & Niem, V. H. (1995). **Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca**. FAO Italia, II, pp 1200.
- Greenblatt R. J., T. M. Work, G. H. Balazs, C. A. Sutton, R. N. Casey & J. W. Casey. 2004. **The *Ozobranchus* leech is a candidate mechanical vector for the fibropapilloma-associated turtle herpesvirus found latently infecting skin tumors on Hawaiian green turtles (*Chelonia mydas*)**. Virology. 321(1): 101-110.
- Gunn, J.S.; J.D., Stevens; T.L.O., Davis & B.M. Norman. 1999. **Observations on the short-term movement and behavior of whale shark (*Rhincodon typus*) at Ningaloo Reef, Western Australia**. Marine Biology. 135:553-559.
- Hacohen, D. A. 2007. **Ecología alimentaria del tiburón Ballena (*Rhincodon typus*, Smith 1828) en la Costa Occidental del Golfo de California, México**. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, México. 57 pp.
- Hernández-Vázquez, S. & C. Valadez-González, 1998. **Observaciones de los epizoarios encontrados en la tortuga golfina *Lepidochelys olivácea* en La Gloria, Jalisco, México**. Ciencias Marinas. 24(1): 119-125.
- IUCN. 2010. **Red List of Threatened Species**. Internet: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)
- Joanna Gyory, Arthur J. Mariano, Edward H. Ryan. "The Loop Current." Ocean Surface Currents. (2001-2013). <https://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/loop-current.html>.
- UICN 2021. **Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN**. Versión 2021-1. <https://www.iucnredlist.org>. Descargado el [28 mayo 2021].
- Luciana-Alonso, Andrés-Estrades, Fabrizio-Scarabino y Javier-Calcano, 2010. ***Conchoderma virgatum* (Spengler, 1790) (Cirripedia: Pedunculata) associated with sea turtles in Uruguayan shallow coastal waters**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences. 5(1): 166-168.
- MacGinitie G.E., 2010. **Notes on the Devilfish, *Mobula lucasana*, and Its Parasites**. Copeia. 1947 (4): 276-278.

- Morales, V. S. 2015. **Variables físico-biológicas y su relación con la presencia del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en Bahía de los Ángeles, Baja California, México**. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, Baja California, México. 55 pp.
- Norman B. M., D. R. Newbound & Knott B. 2000. **A new species of Pandaridae (Copepoda), from the whale shark *Rhincodon typus* (Smith)**. Journal of Natural History (34), 355–366.
- Öktener A. & Trilles J. P. 2009. **Four Parasitic Copepods on Marine Fish (Teleosti and Chondrichthyes) from Turkey**. Acta ADRIATICA. 50(2): 121-128.
- Pfeiffer C. J. & Viers V. 1998. **Microanatomy of the marsupium, juveniles, eggs and cuticle of cyamid ectoparasites (Crustacea, Amphipoda) of whales**. Aquatic Mammals. 29(2): 83-91.
- Rameshkumar G. & S. Ravichandran, 2010. ***Cymothoa indica* (Isopoda; Cymothoidae) and *Alitropus typus* (Isopoda; Aegidae) on freshwater fish *Tilapia mossambica* (Cichlidae) in Vellar estuary, Southeast coast of India**. Biotemas 23(3): 67-70.
- Ramírez, M. D. 2005. **Caracterización de marcadores del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) del Golfo de California**. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, México. 87 pp.
- Rawson, P. D., R. Macnamee, M. G. Frick & K. L. Williams. 2003. **Phylogeography of the coronulid barnacle, *Chelonibia testudinaria*, from loggerhead sea turtle, *Caretta caretta***. Molecular Ecology, 12(10):2697-2706.
- Rohde, K. 1993. **Ecology of Marine parasites: An Introduction to Marine Parasitology**. CAB international. U.K. 298 pp.
- Romano, G. M. 2013. **ECOLOGÍA**. México. Anglo Digital. 255 pp.
- Rowat, D. & K. S. Brooks, 2012. **A review of the biology, fisheries and conservation of the whale shark *Rhincodon typus***. Journal of Fish Biology. 80: 1019-1056.
- SEMARNAT, 2018. **Programa de Acción para la Conservación de la Especie Tiburón Ballena (*Rhincodon typus*)**. SEMARNAT/CONANP, México (Año de edición 2018).
- SEMARNAT, 2021. **Plan de manejo de *Rhincodon typus* (Tiburón ballena) para realizar aprovechamiento no extractivo a través de la observación y nado en la**

- zona de avistamiento de tiburón ballena, ubicada entre Isla Mujeres, Puerto Juárez, Chiquilá e Isla Holbox, frente a los municipios de Lázaro Cárdenas, Benito Juárez e Isla Mujeres del Estado de Quintana Roo. SEMARNAT/CONANP, México. Temporada 2021.
- Smit N. J. y L. Basson, 2002. *Gnathia pantherina* sp. n. (Crustacea: Isopoda: Gnathidae) a temporary ectoparasite of some elasmobranch species from Southern Africa. *Folia Parasitologica*. 49: 137-151.
- Stevens, J. D., 2007. **Whale shark (*Rhincodon typus*) biology and ecology: A review of the primary literature.** *Fisheries Research*. 84 : 4-9.
- Walter, T.C. y G.A. Boxshall, 2008. **World of Copepods database.** Available online at <http://www.marinespecies.org/copepoda>. Consulted on 2012-06-05
- Williams, E. R. Jr y Williams, L. B., 1986. **The first association of *Conchoderma virgatum* (Spengler) (Cirripedi: Thoracica) with a Euryphodid copepod in the mouth of a fish.** *Galaxea*, 5, 209-211.
- Yamaguti, S., 1963. **Parasitic Copepod and Branchiura of fishes.** New York, NY: Interscience Publisher (John Wiley).

## ANEXOS

### Base de datos.

Muestreos de Epibiontes en Tiburón Ballena en el Caribe Mexicano, Isla Holbox Q. Roo en la Temporada de 2010								
Fecha	No de ejemplar	Ubicación	Especie de epibionte	No de individuos	Cobertura	Sexo	Tamaño	Observaciones
14-jul-10	1	SurOeste de Cabo Catoche	rémoras y algunas pequeñas bolitas negras	3	17 % bolitas negras en aleta caudal dorsal y pectoral derecha	Hembra	7.80 m	fotografías de la 1 a la 7 y video 1(1)(2)
16-jul-10	1	21° 46.44    87° 16.60	rémoras	2	2%	Macho	5.70 m	
17-jul-10	1	NW cabo catoche	nada	0	0	Hembra	5 m	
"	2	NW cabo catoche	rémora	1	1%	Hembra	5 m	herida y marcado
20-jul-10	1	N cabo catoche	rémora	4	0	Hembra	6 m	
"	2	N cabo catoche	nada	0	0	Hembra	6 m	
24-jul-10	1	Azul N 21°25' 26" W 81°10'25"	nada	0	0	Macho	8.5 m	
"	2	"	nada	0	0	Macho	6 m	Raspadura base caudal
"	3	"	rémoras y percebes	1	7 % de percebes	Macho	5 m	no se pudo tomar muestra
"	4	"	nada	0	0	Hembra	6 m	
"	5	"						
25-jul-10	1	"	rémora	1	0	Macho	4 m	biopsia 2 videos
"	2	"	rémoras	3	0	Macho	5 m	herida
"	3	"	rémoras	6	0	Macho	5 m	biopsia 1 video
"	4	"	nada	0	0	Macho	6 m	marcado
29-jul-10	1	N 21° 41.04' W 87° 15.05	Rémora y percebes	3 rémoras	9%	Hembra	8 m	rémora en hocico y percebes en la aleta caudal, sin muestra de percebes
30-jul-10	1	N 21° 41.04' W 87° 15.05	rémora y balano	2 rémoras	4%	Macho	3 m	Balano Branquia Derecha (sin muestra) y aleta caudal mochada, biopsia TB1
30-jul-10	2	N 21° 47.998' W 87° 10.364'	rémoras	3	0%	Macho	7 m	rémoras en hocico, aleta ventral izquierda y aleta pélvica, Aleta caudal chueca y herida, TB2
31-jul-10	1	N 21° 49.279' W 87° 09.199'	rémoras	2	0	Macho	6 m	Rémoras en parte ventral por aletas pectorales, Biopsia TB1
"	2	"	rémora	2	0	Macho	7 m	Rémoras cerca del hocico, Biopsia TB2
"	3	"	nada	0	0	Hembra	4.5 m	Biopsia TB3
"	4	N 21° 50.705' W 87° 06.272'	rémora y crustáceo	2 y 1 crustáceo	0	Macho	6 m	Biopsia TB4 y ejemplar de crustáceo en aleta caudal, lóbulo superior primera muestra epibionte
1-ago-10	1	N 21° 50.705' W 87° 06.272'	rémora y crustáceo	1 rémora	20%	Macho	8 m	Rémora en branquias derecha, crustáceos en aleta caudal y dorsal, TB1, muestra epibionte 1
"	2	"	rémora y crustáceo	1 rémora	15%	Hembra	4m	Rémora en branquias derecha, crustáceos en aleta caudal y dorsal, TB2, muestra epibionte 2(dos bichitos, unos en alcohol psrs identificar)
8-ago-10	1	N 21° 46.12' W 87° 10.70'	rémora y crustáceo	2 rémoras y 1 crustáceo	0	Hembra	4.5 m	no se pudo tomar muestra de epibiontes, crustáceos en aleta caudal, rémoras cerca de las agallas
09-ago-1'	1	N 21° 45.80' W 87° 12.27'	rémoras y crustáceos	2 rémoras y 3 crustáceos	0	Macho	6 m	Muestra de epibiontes ubicados en la aleta caudal, sin biopsia

# Hoja de Campo (muestreo)

No de ejemplar	Ubicación	Especie de epibionte	No de individuos	Cobertura	Sexo	Tamaño	Observaciones

