



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

**REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN POR ESTADO DE MADUREZ DE LA  
RAYA TROMPA BLANCA, *Rhinobatos leucorhynchus* Günther, 1867; EN EL  
GOLFO DE TEHUANTEPEC**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**  
**(BIOLOGÍA MARINA)**

**PRESENTA:**

**PERLA ELIZABETH CARRASCO BAUTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

**DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIOR, ZARAGOZA**

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:**

**DR. JAVIER TOVAR ÁVILA**

**CRIP-BAHÍA BANDERAS, NAYARIT**

**DR. MARGARITO TAPIA GARCÍA**

**CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD, UAM-IZTAPALAPA**

**DR. ABRAHAM KOBELKOWSKY DÍAZ**

**CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD, UAM-IZTAPALAPA**

**DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA**

**CICIMAR-IPN**

**MÉXICO, D. F. ENERO, 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# **Lo esencial es no perder la orientación.**

**(Cien años de soledad, García Márquez)**

## Agradecimientos

A mi familia. En especial a mi madre que es mi ángel de la guarda, sin su amor incondicional no podría seguir en este camino. A mis peques: Alex, Frida y Ximena, quienes iluminan mi vida con sus sonrisas y travesuras. A mi hermana Claudia por ser mi amiga y cómplice en todo momento. A mi padre, la psicología inversa sigue dando frutos. A mi hermano...

A Javier, Lucy y Julio, mi segunda familia. Agradezco su amistad, consejos y todos los momentos compartidos. Los quiero, los admiro y sobre todo valoro todo lo que han aportado a mi vida.

A Ana María Torres Huerta, por soportarme durante tanto tiempo. Por los consejos y porque a pesar de que no le correspondía siempre me apoyó hasta el último momento. Gracias por la amistad y por la aportación a mi formación académica.

A mis amigos, Esmeralda, Hermelinda, Aurora, Brenda y Eli; que han estado a mi lado cada que las necesito. Gracias por los grandes y pequeños momentos, por los consejos y el apoyo dado.

A Ti, que eres de las personas que más quiero y admiro. Porque sin el apoyo, motivación y consejos en todo momento, el camino no hubiera sido tan agradable. Gracias por esas palabras de aliento cuando me sentía triste y pérdida en la gran ciudad. No hay palabras para expresar lo agradecida que estoy por el tiempo y el cariño compartido.

A mis revisores **Isaías, Abraham, Margarito, Javier y Felipe**, que dieron sus comentarios y sugerencias para poder hacer de este documento un mejor trabajo.

## Índice

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	2
I.1 Peces batoideos.....	3
I.2 Importancia de los batoideos dentro de la pesquería de camarón.....	5
I.3 Descripción de la especie .....	7
I.4 Antecedentes .....	9
I.5 Justificación.....	11
II. HIPÓTESIS .....	13
III. OBJETIVOS .....	14
III.1 Objetivo general.....	14
III.2 Objetivos específicos.....	14
IV. MATERIAL Y MÉTODOS.....	15
IV.1 Área de estudio .....	15
IV.3 Trabajo de laboratorio .....	19
IV.4 Trabajo de gabinete.....	20
IV.4.1 Composición de tallas .....	20
IV.4.2 Relación longitud total-peso total .....	21
IV.4.3 Madurez sexual .....	22
IV.4.4 Talla de nacimiento .....	23
IV.4.5 Distribución espacio-temporal.....	23
V. RESULTADOS.....	27
V.1. Composición de tallas.....	28
V.2. Relación longitud total-peso total.....	30
V.3. Madurez sexual .....	31
V.3.1. Hembras.....	31
V.3.2. Machos.....	33
V.4. Hembras preñadas, fecundidad y gestación.....	35
V.5. Agrupaciones por sexo y estado de madurez .....	38
V.5.1. Distribución espacial de las agrupaciones.....	41
V.5.2. Densidad y biomasa.....	42
V.5.3. Áreas de crianza .....	42

VI. DISCUSIÓN.....	46
VI.1.Composición de tallas .....	46
VI.2. Relación longitud total-peso total .....	47
VI. 3.Madurez sexual .....	47
VI. 4. Hembras preñadas, fecundidad y gestación. ....	49
VI.5.Agrupaciones por sexo y estado de madurez.....	50
VI.6.Áreas de crianza .....	53
VII. CONCLUSIONES.....	56
VIII. REFERENCIAS .....	57

## RESUMEN

Los peces batoideos pertenecen a la Clase Chondrichthyes, presentan una estrategia de vida  $K$  (fecundidad baja, madurez sexual tardía y crecimiento lento). Esto representa una relación stock-reclutamiento por lo general denso-dependiente, lo cual los hace vulnerables a la sobreexplotación. Son un recurso marino amenazado a causa de la mortalidad por pesca enfocada principalmente a especies comerciales donde los batoideos son capturados de manera incidental. Aunado a lo anterior, se desconoce la biología básica sobre distribución y abundancia de las especies de batoideos. En el presente trabajo durante diciembre de 2009, marzo y junio de 2010, se realizaron tres campañas de recolecta de peces batoideos en la costa de Oaxaca y Chiapas para determinar la distribución espacio-temporal de la especie *Rhinobatos leucorhynchus*. Se obtuvieron las tallas máximas para la especie, la fecundidad y talla de nacimiento. De igual manera, se realizó un análisis cluster, Escalamiento Multidimensional (MDS) para agrupar a las rayas trompa blanca con respecto a la abundancia por estado de madurez y sexo. El ANOSIM identificó diferencias significativas en las agrupaciones obtenidas por el análisis cluster. Con base en los datos obtenidos se elaboraron mapas para representar la distribución, abundancia y posibles áreas de crianza de la especie. Fueron realizados 243 arrastres de fondo, de los cuales en 76 estuvo presente la raya trompa blanca, un total de 401 individuos fueron capturados, registrándose 209 (52%) hembras y 192 (48%) machos. La longitud total ( $L_t$ ) máxima de hembras fue 65 cm y en machos de 47.7 cm. Los organismos juveniles son mayormente capturados por los arrastres camaroneros en la costa del Golfo de Tehuantepec. Las hembras presentan crecimiento alométrico positivo, mientras que en machos es crecimiento isométrico. La raya trompa blanca presentó una fecundidad entre 1 y 4 embriones por hembra. La talla de nacimiento para la especie es de 14 cm de  $L_t$ . Con respecto a la distribución y abundancia, en diciembre de 2009 se observó la mayor densidad y biomasa frente al sistema lagunar La Joya-Buenavista y los menores valores se observan en el mes de junio. Los organismos juveniles fueron la agrupación más abundante. Se plantea una posible área de crianza durante el mes de diciembre frente de Mar Muerto en la costa de Oaxaqueña, y frente al sistema lagunar La Joya-Buenavista en la costa Chiapaneca.

**Palabras clave:** Distribución, fecundidad, áreas de crianza, raya trompa blanca, batoideos.

## I. INTRODUCCIÓN

La Clase Chondrichthyes (tiburones, rayas y quimeras) son miembros de un antiguo linaje que apareció a finales del período Silúrico, hace aproximadamente 415 millones de años (Hickman *et al.*, 2000). Son un grupo que ha tenido un gran éxito evolutivo, tienen esqueleto cartilaginoso y órganos de los sentidos bien desarrollados (Hickman *et al.*, 2000). Dentro de esta clase se encuentra la subdivisión Batoidea (rayas eléctricas, peces guitarra, rayas y mantarrayas), los cuales pertenecen a un grupo de peces modernos parientes de los tiburones (McEachran y Aschliman, 2004). Al igual que los tiburones, los batoideos presentan una estrategia de vida *K*: fecundidad baja, madurez sexual tardía, un crecimiento individual lento, y una relación stock-reclutamiento que es por lo general denso-dependiente, lo que los hace sensible a la sobreexplotación (Holden, 1974; Ebert, 2005; Cortés, 1999).

Los elasmobranquios (tiburones y rayas) tienen un comportamiento complejo, semejante a los sistemas sociales con jerarquías de dominancia y segregación sexual (Springer, 1967; Klimley, 1987). La segregación sexual puede definirse como la separación de los miembros de una especie, de tal manera que los machos y hembras viven separados, ya sea individualmente o en grupos del mismo sexo y juntan durante la época de reproducción (Wearmouth y Sims, 2010). Existen varias hipótesis para saber porque existe segregación sexual en elasmobranquios, entre las que están: 1) para disminuir el riesgo a la depredación, 2) para disminuir la competencia en el forrajeo, 3) actividad digestiva, 4) en busca del nicho óptimo de fecundidad termal y, 5) a factores sociales. La primera evidencia de segregación sexual en elasmobranquios se registró en las observaciones pesqueras; ya que las proporciones de sexo capturadas eran distintas. Se ha observado que en batoideos, las hembras se encuentran más cerca de la costa, esto puede deberse a que así las hembras reducen la depredación en las crías (Wearmouth y Sims, 2010).

Castro (1993), menciona que con base en la distribución de los elasmobranquios por talla, sexo y patrones migratorios, pueden ser identificadas tres áreas: a) zonas de alimentación de



adultos, b) zonas de apareamiento y c) las zonas de crianza. Las zonas de crianza, son las áreas que eligen los elasmobranchios para el nacimiento de las crías. Son hábitats donde las hembras dan a luz a sus crías, y los juveniles pasan parte de su ciclo de vida. Estas zonas se caracterizan por la presencia de hembras grávidas y neonatos con cicatrices de nacimiento frescas. Estas áreas proporcionan a los juveniles alimento y protección ante la depredación, aunque, el grado de exposición al riesgo de depredadores en las zonas varían (Springer, 1967; Castro, 1993; Yokota y Lessa, 2006; Heupel *et al.* 2007). Las áreas de crianza por lo general se encuentran en aguas costeras, de poca profundidad, con alta productividad, a menudo son estuarios, bahías o manglares, donde hay abundancia de alimento para los juveniles (Branstetter, 1990; Castro, 1993). Existen dos tipos de áreas de crianza. El área de crianza primaria, la cual se utiliza para el parto y en la cual se observa una alta frecuencia de neonatos durante la época de nacimiento, y los juveniles pasan un tiempo corto (semanas o meses). Y la secundaria es donde los juveniles migran antes de alcanzar la madurez sexual. Para algunas especies estas áreas pueden ser usadas simultáneamente (Yokota y Lessa, 2006; Heupel *et al.* 2007), y cuando organismos alcanzan una talla determinada, abandonan las áreas de crianza y son reclutadas a las poblaciones de adultos para continuar con su ciclo de vida (Heupel *et al.* 2007)

### **I.1 Peces batoideos**

Los batoideos comprenden una variedad de grupos taxonómicos, y todos tienen el cuerpo comprimido dorso-ventralmente y las aletas pectorales más o menos expandidas, fusionadas anteriormente con los lados de la cabeza (McEachran y Norbatolo di Sciara, 1995). Los peces batoideos habitan en todos los mares, desde el ártico hasta el antártico y desde aguas costeras muy someras hasta unos 3,000 m de profundidad (McEachran y Norbatolo di Sciara, 1995).

La subdivisión Batoidea está dividida en cuatro órdenes, 17 familias, 72 géneros y cerca de 532 especies (Nelson, 2006). Los órdenes que componen esta subdivisión son: Torpediniforme

(rayas eléctricas), Pristiforme (peces sierra), Myliobatiforme (mantarrayas) y Rajiforme (rayas) (Nelson, 2006). El orden Rajiforme, está compuesto por cuatro familias, 32 géneros y 285 especies (Nelson, 2006).

En el orden Rajiforme está la familia Rhinobatidae o peces guitarra, los cuales son marinos y raramente se encuentran en estuarios o aguas dulces, son principalmente de temperaturas tropicales y alcanzan profundidades de hasta 366 m (McEachran y Aschliman, 2004; Nelson, 2006). La familia Rhinabatidae es una de las familias que por su forma se asemejan superficialmente a los tiburones (McEachran y Norbatolo di Sciara, 1995), ya que tienen cuerpo escualiforme, cola robusta y no demarcada del tronco; dos aletas dorsales bien desarrolladas y una gran aleta caudal; aletas pectorales sólo moderadamente expandidas (McEachran, 1995). Esta familia son organismos de talla mediana (hasta 2 m de longitud total), son bentónicos y poco activos. Viven sobre fondos arenosos o fangosos en aguas costeras. Se alimentan de pequeños peces e invertebrados bentónicos. Todas las especies son vivíparas aplacentadas (McEachran, 1995). Esta familia tiene aproximadamente 45 especies (Nelson, 2006).

Dentro de esta familia se encuentra el género *Rhinobatos*. Para el Pacífico Oriental tropical, este género está representado por cinco especies: *Rhinobatos glaucostigma*, *R. planiceps*, *R. prahli*, *R. productus* y *R. leucorhynchus* (Robertson y Allen, 2002). La raya trompa blanca, *Rhinobatos leucorhynchus*, se observa comúnmente en aguas tropicales de la costa del Océano Pacífico, se caracteriza por ser de amplia distribución, que va desde las partes del oeste y sureste del Golfo de California a Ecuador y las Islas Galápagos (Robertson y Allen, 2002). La raya trompa blanca, es una especie bentónica que se asocia al camarón y peces demersales en el Golfo de Tehuantepec.

## **I.2 Importancia de los batoideos dentro de la pesquería de camarón**

El producto pesquero de mayor demanda a nivel mundial es el camarón, capturándose cerca de 3.5 millones de toneladas anualmente (Stevens *et al.*, 2000). Los arrastres camaroneros se llevan a cabo con redes de fondo las cuales son poco selectivas; por lo que el efecto de esta pesquería sobre ecosistemas marinos tiene impactos directos. El más visible es la captura de especies animales no objetivo, por ser una pesca multiespecífica (Stobuzki *et al.*, 2001; Kelleher, 2008). Esta pesquería en zonas tropicales tiene la mayor tasa de descartes de especies no redituables o fauna de acompañamiento (FAC) a nivel mundial representando el 27.3% del total (Kelleher, 2008). La FAC es la porción de materia orgánica total de origen animal viva o muerta en la captura, la cual es desaprovechada y/o lanzada por la borda en el mar, generalmente son considerados un desperdicio de recursos pesqueros (Kelleher, 2008).

Esta pesquería tiene altas tasas de FAC por factores como: 1) el camarón a menudo es menos del 20% de la biomasa en muchas zonas de pesca, 2) el tamaño de malla relativamente pequeño que se necesita para la captura de camarón resulta en grandes cantidades de FAC; 3) las embarcaciones están diseñadas para almacenar camarón y tienen poca capacidad para otras especies; 4) la captura incidental por lo general son de tamaño pequeño o su valor es bajo lo que hace antieconómica su retención (Kelleher, 2008).

La pesquería de camarón es considerada como una de las principales causas de la alteración del suelo marino (Bozzano y Sardá, 2002), ya que la alteración del hábitat por estos arrastres afecta los ecosistemas marinos, a través de modificaciones del sustrato y cambios en la comunidad bentónica. Esta pesquería de camarón tiene un efecto que tiende a hacer a los ecosistemas más vulnerables a las perturbaciones (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2002), e impacta la biodiversidad y las transferencias de energía dentro de los ecosistemas (Kelleher, 2008). A causa de esta pesquería, se ha documentado que algunas poblaciones de elasmobranquios costeros y oceánicos han sido eliminados por completo de su área de distribución (Baum *et al.*, 2003).

En México, la pesquería de camarón es importante como una entrada económica de la población pesquera nacional (Rodríguez de la Cruz y Chávez, 1996). La pesquería camaronera para el Pacífico es de aproximadamente 114,000 ton con una tasa de FAC de 76.7% (Bojorquez, 1998).

Los análisis en cuanto a la FAC y su disminución en la pesca de camarón, han llevado a la conclusión que se deben establecer mejores diseños del arte de pesca en las distintas áreas en las cuales se realizan estas actividades (Martínez-Muñoz, 2012). En México, en la década de los noventas se implementó el uso de estos DEPs en las pesquerías camaroneras, principalmente para cumplir las normas de exportación de países desarrollados como Estados Unidos (Font-Chávez *et al.* 2005; Kelleher, 2008), sin embargo no es obligatorio su uso. En la actualidad en México, el único dispositivo excluidor obligatorio en la pesquería de camarón es el de tortugas (DET). Sin embargo, la sociedad civil y los productores en el país están interesados en la implementación de tecnología que reduzca tanto la captura de FAC como los costos de producción (García-Caudillo *et al.* 2000, Balmori-Ramírez *et al.* 2003). Se han probado distintos dispositivos para reducir la captura incidental en el golfo de California, de los cuales algunos han sido efectivos reduciendo hasta un 40% de la captura incidental en la pesquería de camarón (García-Caudillo *et al.* 2000, Balmori-Ramírez *et al.* 2003).

La pesquería de mayor importancia en el Golfo de Tehuantepec es la del camarón, la cual ha ido decayendo a partir del 2002 (5,135 ton peso vivo) al 2011 (4,154 ton peso vivo), cuando el Golfo de Tehuantepec aportó un 0.8% del valor de producción en la pesquería de camarón (CONAPESCA 2011). Tapia-García y García-Abad (1998), mencionan que la relación peces: camarón (23:1) en el Golfo de Tehuantepec es mucho mayor a las proporciones conocidas en otras regiones. Para el Golfo de México la relación es de 12:1 y de 10:1 para la parte central del Pacífico mexicano.

Los peces batoideos o rayas son uno de los grupos taxonómicos más frecuentes capturados dentro de la FAC del camarón ocupando hasta un 50% de la captura total (SAGARPA, 2006). Acal y Arias (1990) y Tapia-García (1998); mencionan que lo anterior puede ser debido a los hábitos

bentónico-demersales que presenta este grupo de organismos. Aunado a lo anterior, así como a su estrategia de vida tipo *K* (Hamlett, 2005) que tienen las rayas, las hace vulnerables a las perturbaciones, así como a la sobre-explotación y se refleja en la disminución de sus poblaciones (Acal y Arias, 1990; Martínez-Muñoz, 2012).

Para el Golfo de Tehuantepec, se ha reportado la presencia de 32 especies de rayas (McEachran y di Sciara, 1995; Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996; Robertson y Allen, 2008). Sin embargo, en arrastres camaroneros han sido listadas 16 especies como parte de la FAC, las cuales pertenecen a las siguientes familias: Narcinidae, Rajidae, Dasyatidae, Gymnuridae, Myliobatidae, Urolophidae, Urotrygonidae y Rhinobatidae (Acal y Arias, 1990; Tapia-García, 1998; Martínez-Muñoz, 2012; Torres-Huerta 2012).

### **I.3 Descripción de la especie**

Salvin *et al.* (1866), realizaron un estudio para los peces de aguas dulces y marinas de diversas partes de los países de América Central. En esta publicación Günther, describió originalmente a *Rhinobatos leucorhynchus*. Estos registros quedaron asentados en las Actas de la Sociedad Zoológica de Londres. De acuerdo a Nelson (2006), la clasificación taxonómica de *Rhinobatos leucorhynchus* es la siguiente:

PhylumChordata

Clase Chondrichthyes

Subclase Elasmobranchii

Subdivisión Batoidea

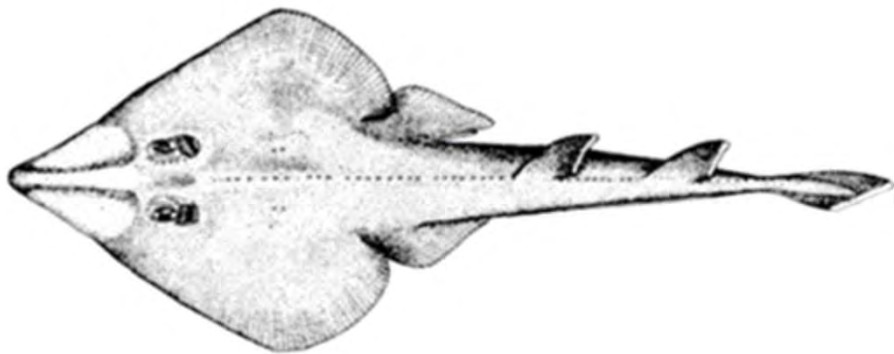
Orden Rajiformes

Familia Rhinobatidae

Género *Rhinobatos*

Especie *Rhinobatos leucorhynchus*

Esta especie es comúnmente conocida como raya guitarra trompa blanca o diablo (Fig. 1). Se caracteriza por presentar cuerpo delgado, con dos aletas dorsales de igual tamaño, cola asimétrica, redondeado abajo, sin lóbulo inferior; sin pliegue laterales (Robertson y Allen, 2002). Presenta dos surcos cartilagosos que convergen al frente, el espiráculo es más pequeño que el ojo, con dos pliegues a lo largo del borde posterior y del exterior, siendo este más grande (Robertson y Allen, 2002). La parte media del dorso presenta una hilera de espinas cortas hasta la segunda aleta dorsal, presenta coloración gris-oscura (Robertson y Allen, 2002). En ocasiones se observan manchas redondas blancas sobre el dorso en neonatos y juveniles. El hocico muy pálido, translúcido, sin punta oscura, y la superficie inferior blanca (Robertson y Allen, 2002). La raya guitarra trompa blanca habita fondos suaves arenosos. Su distribución abarca desde partes del oeste y sureste del Golfo de California al Ecuador y las Islas Galápagos (McEachran y di Sciara, 1995; Robertson y Allen, 2002). Payán *et al.* (2011), mencionan que esta especie es especialista en su alimentación, consumiendo mayoritariamente camarones (Familia Penaeidae), y otros organismos de vida bentónica como crustáceos y estomatópodos. La reproducción de *R. leucorhynchus* no ha sido definida. Sin embargo, posiblemente sea una especie matrotrofica vivípara, con ovarios compuestos y diapausa embrionaria, como lo es *R. percellens* (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2008). En relación a su estado de conservación es clasificada por la categoría de las listas rojas de UICN como de Datos Deficientes, debido a que se tienen datos escasos con relación con su biología (Bizzarro, 2006).



**Figura 1.** Vista dorsal de *Rhinobatos leucorhynchus* (Tomado de la FAO, 2009)

#### I.4 Antecedentes

Entre los estudios realizados en aspectos reproductivos enfocados al género *Rhinobatos*, están los realizados en Brasil por Lessa *et al.* (1986) y Texeira (1982). Estos autores proponen que las especies de *Rhinobatos* presentan una relación directa entre la talla, la fecundidad y diferenciación sexual por talla. Lessa *et al.* (1986), propone que para *Rhinobatos horkelli* existe diapausa embrionaria, la cual, sin embargo, no ha sido confirmada. Para el Pacífico colombiano Grijalba-Bendeck *et al.* (2008) mencionan que *R. percellens* presenta una fecundidad entre 2 y 4 embriones por año, así como con una probable diapausa embrionaria. Polo-Silva y Grijalba-Bendeck (2008) la ubican como un depredador con dieta preferencial de crustáceos.

Los estudios en México son escasos, siendo los de mayor importancia los realizados por Villavicencio-Garayzar (1993) y Márquez-Farías (2007). Ambos autores mencionan que *R. productus* en el Golfo de California alcanza la madurez después de los 50 cm de longitud total, con un tiempo de gestación de 11 a 12 meses, una fecundidad promedio de cinco crías con una talla de nacimiento promedio de 17.5 cm de *Lt*. Downton-Hoffmann (2007) describe el ciclo reproductivo y desarrollo embrionario de *R. productus*, en la costa occidental de Baja California Sur, identificando áreas importantes para la reproducción de esta especie.

Smith *et al.* (2009), mencionan que *R. productus* domina la captura de la pesquería artesanal (26.0%), colocándola como la más abundante en la pesquería de la costa oriental de Baja California. La composición de tallas varió de 44.0 a 99.0 cm *Lt*, donde las hembras promediaron 76.3 cm *Lt*, y los machos 63.7 cm *Lt*. De igual manera los desembarques estuvieron dominados por hembras, lo que indicó una proporción de sexos diferente a la esperada 1:1 ( $X^2_{0.05,1}=164.917$ .  $p < 0.001$ ).

Entre los estudios realizados para la raya trompa blanca *R. leucorhynchus* en general se tiene el realizado por Payán *et al.* (2011), quienes realizaron un estudio sobre su biología reproductiva a partir de organismos capturados como parte de la fauna acompañante en la pesca de camarón del Pacífico colombiano. Estos autores encontraron que hembras y machos tuvieron un crecimiento

alométrico. La proporción sexual en adultos fue de 2.4:1 (hembras-machos), mientras que en embriones esta proporción fue de 1:1, y no encontraron diferencias significativas ni en talla ni peso en este grupo. La fecundidad fue entre 1 y 6 embriones, con tallas entre 3.0 y 19.5 cm *Lt*, con una talla de nacimiento sugerida entre 19.0 y 19.5 cm *Lt*. La talla de madurez de hembras es menor a la de machos (48.8 cm y 51.1 cm *Lt*, respectivamente), y las hembras presentaron crías a partir de los 44.0 cm *Lt*.

En lo que corresponde a la distribución espacio-temporal de rayas, son pocos los estudios realizados en el Golfo de Tehuantepec. Así como guías de identificación entre las que destacan las propuestas por Amezcua-Linares, 1996; y Allen y Robertson, 2002; solo por mencionar algunas, las cuales son ejemplos de que se tiene una idea de la distribución de las especies, pero no de cómo se comportan por estado de madurez o su abundancia en una zona determinada.

Torres-Huerta (2012), registra las especies de rayas que son capturadas durante arrastres camaroneros, así como una abundancia por especie y la distribución general de ellas. Para el género *Rhinobatos* no se han realizado estudios detallados en cuanto a distribución en el Golfo de Tehuantepec.



## **I.5 Justificación**

El hábitat de los batoideos es muy diverso, desde mares tropicales hasta templados, así como de zonas costeras hasta más de 3,000 m de profundidad (Allen y Robertson, 1994; McEachran y Aschliman, 2004; Nelson, 2006).

Los peces cartilaginosos son componentes claves principalmente en las comunidades demersales marinas y estuarinas (Martin, 2005). Los batoideos tienen una función vital ya que intercambian energía a través de los niveles superiores e inferiores de las redes alimenticias marino-costeras. Son importantes en las tramas tróficas, ya que funcionan como depredadores de la fauna bentónica, lo que mantiene el equilibrio ecológico en los fondos marinos (Torres-Bustos, 2008). También son competidores o presas de especies que son explotadas comercialmente (Applegate *et al.*, 1993; Compagno *et al.*, 1995). Por ende, cualquier alteración en la dinámica poblacional puede tener un efecto considerable e impredecible a nivel del ecosistema ya sea en composición de especies y/o diversidad en la estructura de la red trófica (Stevens *et al.*, 2000; Torres-Bustos, 2008). De igual manera, el conocimiento en cuanto a la biología de la mayoría de las especies de batoideos aún es escasa (Márquez-Farías, 2011).

Aunado a lo anterior, la pesca dirigida o incidental provoca que las poblaciones se vean limitadas en cuanto a su recuperación debido a su historia de vida. Estas características combinadas con la limitación en cuanto a la distribución espacial pueden poner en riesgo de extinción a los batoideos (Brander, 1981; Casey y Myers, 1998). La alteración del hábitat por la pesca de arrastre de camarón afecta los ecosistemas marinos, ya que modifican el sustrato y alteran la comunidad bentónica. Lo cual lleva a un daño físico que altera la estructura del hábitat y que potencialmente afectan las comunidades biológicas (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2002). El efecto de la alteración del ecosistema puede ser muy amplio, desde la pérdida de biodiversidad hasta cambios en la composición de especies, así como la destrucción del ecosistema.

Cabe destacar que en el Golfo de Tehuantepec, es un área de importancia pesquera y ecológica, ya que es una zona de alta productividad. Las rayas forman parte importante en la composición de la FAC en arrastres camaroneros y es un recurso que se consume en la zona. Sin embargo, actualmente es poca la importancia que se le ha dado a cuanto a trabajos enfocados a describir la biología de las especies que se encuentran en el área. Autores como Pauly (1980) y Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1988), consideran de gran importancia conocer las distintas etapas biológicas y la dinámica poblacional de las especies clave. Esto para tener claro la función y la estructura de las comunidades demersales. Por lo que este trabajo pretende es establecer una base en cuanto a la distribución espacio-temporal, así como dar a conocer aspectos reproductivos de *Rhinobatos leucorhynchus*. Ya que es una especie que puede ser vulnerable a la pesca que se lleva a cabo en el Golfo de Tehuantepec.

Es importante recalcar que a partir de mayo de 2007, entró en vigor la Norma Oficial Mexicana 029 (NOM-029-PESC-2006). Esta NOM fue creada para la pesca responsable de tiburones y rayas, así como las especificaciones para su aprovechamiento (*Diario de la federación*, 19/05/2014). En esta Norma se da pauta a la regulación y aprovechamiento de rayas mientras se genera una mayor información biológica pesquera, acerca de las especies que son explotadas de manera dirigida o incidental. Por lo anterior, la información generada oportunamente en el presente estudio es relevante para futuros planes de manejo y conservación de la especie, ya que por lo general, la conservación de las poblaciones se complica aún más por las respuestas tardías en la implementación de restricciones a la pesca. Esto se debe a que se proponen estrategias de manejo posteriores a la sobreexplotación de las poblaciones objetivo de elasmobranquios (Holden, 1974; Stevens *et al.*, 2000).

## II. HIPÓTESIS

1. Se han observado diferencias entre la relación longitud total-peso total entre hembras y machos de algunas especies (*Rhinobatos productus*, *Zapteryx exasperata* y *Z. xyster*) de la familia Rhinobatidae, siendo que las hembras aumentan más en tamaño y peso que los machos; por lo que se espera encontrar diferencias entre ambos sexos de *Rhinobatos leucorhynchus*.
2. En la familia Rhinobatidae se tiene registrado que no se reproducen todo el año como se ha observado en especies de la Familia Urolophidae. Por lo que se espera encontrar evidencia de reproducción en alguno de los meses de recolección.
3. Se han reportado diferencias en abundancia y distribución para algunas especies de batoideos respecto a sus hábitos reproductivos, por lo que se esperan diferencias en abundancia y distribución relacionadas con el estado de madurez en el que se encuentren los organismos de ambos sexos.
4. Se ha registrado que las áreas de crianza son importantes en la estructura de la población de la especie, ya que proporcionan protección y alimento a hembras grávidas, neonatos y juveniles. Por lo que se espera que estas áreas están relacionadas a zonas de aguas costeras, someras, protegidas y de alta producción.

### **III. OBJETIVOS**

#### **III.1 Objetivo general**

Determinar la distribución espacio-temporal de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus*, en el Golfo de Tehuantepec.

#### **III.2 Objetivos específicos**

- Determinar la estructura de tallas de *R. leucorhynchus* capturada.
- Determinar la relación longitud total y peso.
- Establecer la talla de madurez reproductiva para hembras y machos de la especie.
- Calcular la talla de nacimiento de la especie.
- Establecer la distribución y abundancia espacio-temporal de *R. leucorhynchus*.
- Caracterizar las áreas de nacimiento, crianza y reproducción de la raya trompa blanca.

## IV. MATERIAL Y MÉTODOS

### IV.1 Área de estudio

El Golfo de Tehuantepec se localiza en la región oceanográfica del Pacífico Tropical-Oriental, entre la latitud 14°30'15'' a 16°13' N y la longitud 96°7'30'' a 92°14'30'' W; con una extensión aproximada de 125,000 km<sup>2</sup> (Gallegos-García y Barbera-Falcón, 1998). Se ubica entre las bahías de Huatulco, Oaxaca y Río Suchiate, Chiapas (Fig. 2). Presenta una plataforma continental muy estrecha en la porción occidental, mientras que en la parte oriental es muy extensa (Carranza-Edwards *et al.*, 1998).

La plataforma continental del Golfo de Tehuantepec es altamente productiva, presenta importantes procesos físicos y ecológicos como los fenómenos de afloramiento, aportes continentales de agua dulce y la presencia de grandes sistemas lagunares (Tapia-García, 1998). Se divide en dos áreas principales de acuerdo a la hidrología y sedimentología: la región del subsistema Oaxaqueño y la región del subsistema Chiapaneco (Tapia-García *et al.*, 2007). En el Golfo de Tehuantepec desembocan numerosos ríos, en mayor grado en la costa de Chiapas y en menor grado en la costa de Oaxaca. Los principales ríos Oaxaca-Chiapas son: Tehuantepec (caudal anual de 1,439 millones de m<sup>3</sup>), Juchitán (89 millones de m<sup>3</sup>), Ostuta (1,590 millones de m<sup>3</sup>), Huehuetán (1,716 millones de m<sup>3</sup>), Coatán (2,874 millones de m<sup>3</sup>) y Suchiate (1,500 millones de m<sup>3</sup>). Siendo en la costa de Chiapas donde se registra el mayor caudal anual ya que excede los 1,500 millones de m<sup>3</sup> (Morales-De la Garza, 1990).

El sedimento del Golfo de Tehuantepec es principalmente arenoso, con una franja de arena mezclada con lodo paralela a la línea de costa en la parte sureste entre los 10 y 30 m de profundidad, con parches de arena y grava entre los 30 y 40 m de profundidad. En la parte oriental, además de arenas, se encuentran franjas de lodo, lodo-arenoso, además de arenas-lodosas distribuidas de forma paralela a la costa (Morales de la Garza, 1990; Carranza-Edwards *et al.*, 1995; Tapia-García *et al.*, 2007).

La principal característica del clima durante el verano es el movimiento hacia el norte de huracanes y tormentas tropicales los cuales generan pulsos de viento que se propagan a lo largo de la costa, mientras que durante el invierno intensos vientos perpendiculares a la costa soplan a través de pasos de montaña del sur de México y América Central.

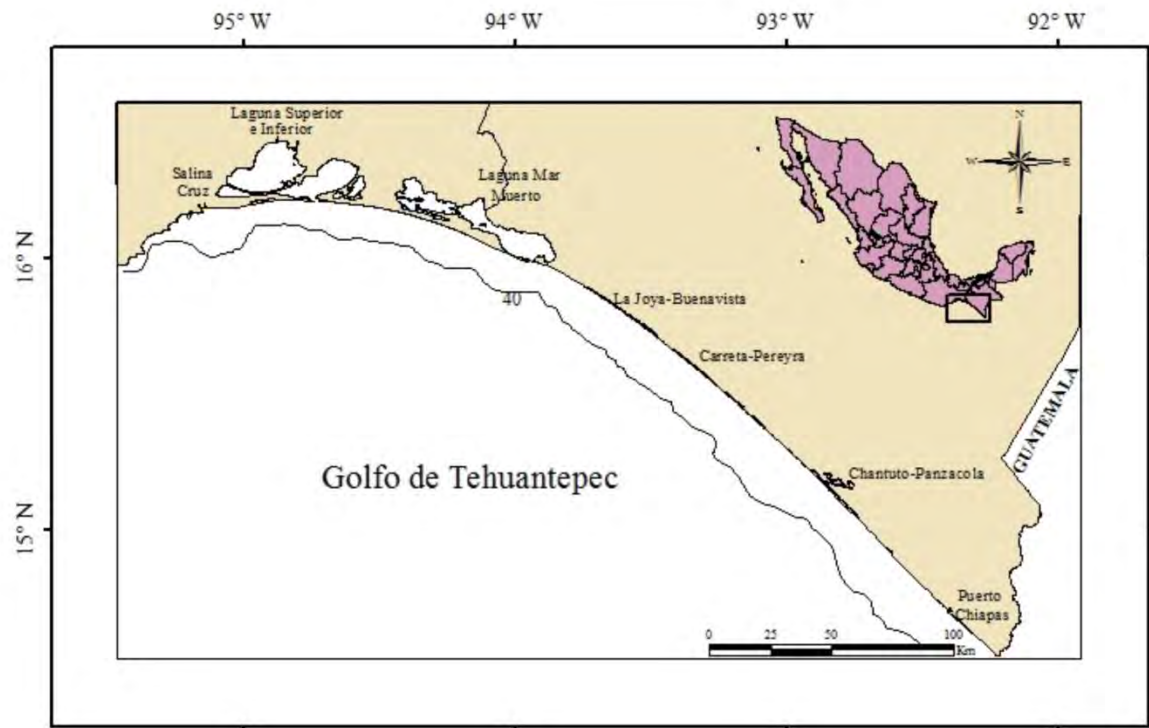
La costa en el Golfo de Tehuantepec presenta un clima tropical cálido subhúmedo, tipo Aw''2 (w) ig de acuerdo a Köppen y se distinguen tres subregiones desde el punto de vista climático (García, 1988).

- 1) la parte central norte del Golfo de Tehuantepec que comprende la parte del Istmo y hasta la parte oeste de la Laguna del Mar Muerto,
- 2) la parte oeste que comprende la mayor parte de la costa de Oaxaca y,
- 3) la parte este que comprende la mayor parte de la costa de Chiapas.

La temperatura media del mes más frío es superior a 18°C, siendo el promedio anual superior a 22°C. La precipitación promedio anual en la costa oeste y norte del golfo es menos de 1,000 mm, mientras que en la costa este puede exceder los 1,500 mm (Martínez-Muñoz, 2012).

Estas subregiones presentan dos épocas climáticas correspondientes a la época de secas que comprende de noviembre a mayo, y la época de lluvias que va de junio a octubre (Tapia-García *et al.*, 2007). En la época de secas se presentan los “Tehuano” que son vientos dados por la topografía del continente. Los “Tehuano” están determinados por la Sierra Madre del Sur, la cual se extiende a lo largo del sur de México y parte de América Central con elevaciones típicas de 2,000 m. En el Istmo de Tehuantepec esta cadena montañosa es interrumpida por un paso de 40 km de ancho y de altura promedio de 200 m conocido como “Paso Chivela”. Lo que hace que se canalice un chorro intenso de viento frío y seco, que cruza hacia el Pacífico y se esparce sobre el Golfo de Tehuantepec (Lavín *et al.*, 1992). Estos vientos pueden alcanzar una velocidad de hasta 25 ms<sup>-1</sup> (Trasviña y Barton, 1997), dando lugar a surgencias locales en las aguas del golfo.

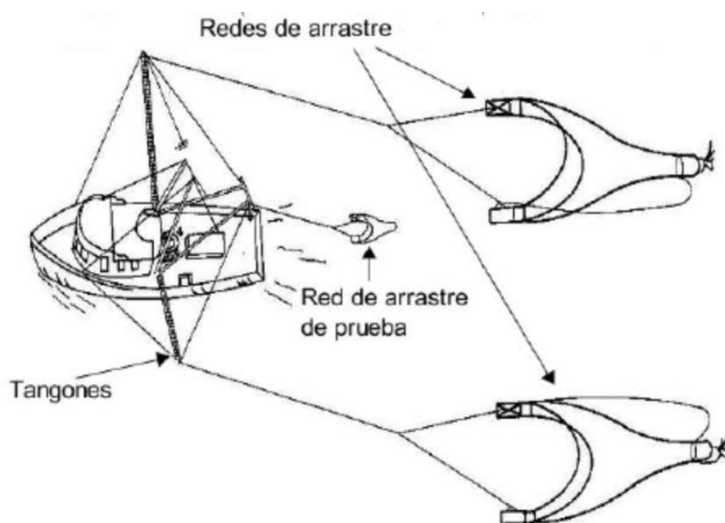
Esta zona tiene la influencia de cuatro importantes corrientes oceánicas: la Corriente Nor-Ecuatorial (CNE), la Contracorriente Ecuatorial (CCE), la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) y en condiciones invernales extremas la Corriente de California (CC) (Ortega-García *et al.*,2000).



**Figura 2.** Localización del área de estudio, correspondiente a la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec.

## IV.2 Trabajo de campo

Las rayas analizadas se obtuvieron de la fauna de acompañamiento de arrastres camaroneros realizados durante los meses de diciembre 2009, marzo y junio 2010, en el Golfo de Tehuantepec. En los meses de diciembre de 2009 y marzo de 2010 los muestreos fueron realizados por el barco B/I-UMAR, mediante el proyecto titulado “Peces Batoideos de la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec”, financiado por la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) con clave JH031. En junio de 2010 se realizó el muestreo en el B/C-FIPESCO 22, en convenio con el Centro Regional de Investigación Pesquera de Salina Cruz (CRIP-Salina Cruz) del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA). Los muestreos cubrieron una amplia zona de la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec, comprendiendo los estados de Oaxaca y Chiapas entre las localidades de Salina Cruz (Oaxaca) y Puerto Chiapas (Chiapas). Se realizaron en total 114 arrastres de fondo, con una profundidad que varió desde los 12 hasta las 52 m de profundidad. Los arrastres fueron realizados con redes de fondo camaroneras de 1½ pulgadas de luz de malla (Fig. 3). Los lances se efectuaron en el transcurso de 24 horas, con una duración de 2 a 4 horas y con una velocidad de 2 a 3 nudos. Se registró la posición geográfica de cada estación por medio de un GPS-1610C con precisión de 50 m.



**Figura 3.** Esquema de barco camaronero realizando arrastres (Martínez-Muñoz, 2012).



De cada arrastre de camarón, se seleccionaron los organismos de la raya trompa blanca al llegar a cubierta para su procesamiento individual. Los organismos se colocaron en bolsas de plástico etiquetadas con los datos de colecta y se mantuvieron en la cámara de congelación del barco a -15°C por un período de 20 días.

### **IV.3 Trabajo de laboratorio**

Los organismos fueron transportados a la Universidad del Mar (UMAR), donde se conservaron congelados hasta su procesamiento. Una vez descongelados, se registró el peso total ( $Wt$ ) de cada organismo, el cual se obtuvo con una balanza digital marca Scout con un grado de precisión de 0.1 gr. También se tomó la longitud total ( $Lt$ ), colocando al organismo de manera natural en una superficie lisa, y se midió por medio de una cinta graduada con precisión de 0.1 cm desde la punta del morro hasta donde termina la cola. Se registró el sexo, identificándose por la presencia de los órganos copuladores llamados mixopterigios los cuales son modificaciones de las aletas pélvicas en machos. Por último se llevó a cabo la disección de cada organismo, realizando un corte longitudinal en la parte ventral, desde la abertura de la cloaca hasta la altura de las aberturas branquiales. Se extrajo el estómago, válvula en espiral e hígado; dejando libres los órganos reproductores internos, tanto en hembras como en machos y se determinó el estado de madurez de acuerdo a lo propuesto por Grijalba-Bendeck *et al.* (2008) (Tabla 1).

Con base en las tablas de madurez se obtuvieron los siguientes estados de madurez para hembras y machos: hembra inmadura (HI), hembra en maduración (HEM), hembra madura con ovocitos (HO), hembra madura con embriones (HE), hembra madura post-parto (HMP), machos inmaduros (MI), machos en maduración (MEM), machos maduros (MM). De igual manera, se utilizó el estadio de madurez observado macroscópicamente, para la elaboración de una tabla de escala de madurez para hembras y machos de *Rhinabotos leucorhynchus*.

**Tabla 1.** Fases de la escala de desarrollo gonadal macroscópico adaptadas para las hembras y machos de peces cartilagosos (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2008).

<b>Escala de desarrollo gonadal macroscópico para hembras</b>		
Fase I	Inmadura	Sin desarrollo ovárico, ovarios pequeños de textura acuosa, oviductos delgados poco diferenciados.
Fase II	En maduración	Ovarios delgados, consistentes y de apariencia uniforme, sin ovocitos visibles, oviductos delgados y diferenciables.
Fase IIIa	Madura sin embriones	Ovario con ovocitos visibles, oviductos gruesos y útero parcialmente ensanchado.
Fase IIIb	Madura con embriones	Ovarios con ovocitos, embriones, que se encuentran ensanchados, ocupando gran parte de la cavidad visceral.
Fase IV	Madura postparto	Útero ensanchado con paredes vascularizadas y flácidas. Abertura cloacal expandida.
<b>Escala de desarrollo gonadal macroscópico para machos</b>		
Fase I	Inmaduro	Testículos transparentes, ductos poco diferenciados, mixopterigios pequeños, flácidos, rifiodón cerrado, ausencia de semen y rotación menor a 360°.
Fase II	En maduración	Testículos consistentes, ductos bien desarrollados, epidídimos enrollados en la porción anterior y media, del ducto eferente, los mixopterigios han aumentado de tamaño y están parcialmente calcificados.
Fase III	Maduro	Testículos con lóbulos prominentes indicativos de activa producción espermática, conducto deferente se extiende adyacente a la columna vertebral, epidídimo enrollado a lo largo de todo el conducto hasta llegar a la vesícula seminal, mixopterigios totalmente calcificados, rifiodón abierto y presencia de semen. Rotación de 360°.

#### IV.4 Trabajo de gabinete

##### IV.4.1 Composición de tallas

Se utilizó el paquete estadístico Stata (SE) versión 11.0 (StataCorp, 2009) y los programas propuestos por Salgado-Ugarte *et al.* (2005) para llevar a cabo los análisis de tallas. Se determinó la composición de tallas de los organismos obtenidos, a partir de los datos de *Lt*, así como la talla media por cada uno de los sexos. Se realizaron histogramas de frecuencia de tallas, tomando en cuenta el sexo y el estado de madurez sexual de los ejemplares. Para esto se siguió el método propuesto por Salgado-Ugarte *et al.* 2005, quienes sugieren estimadores de densidad por kernel (EDK's), definidos por la siguiente ecuación (Silverman, 1986; Fox, 1990):

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

donde:

$\hat{f}(x)$  = estimación de la densidad (frecuencia)

$n$  = número de observaciones o datos

$h$  = amplitud de banda (intervalo)

$K$  = es el “kernel” o sea la función que define el peso de cada dato en la estimación de frecuencia

$X_i$  = cada observación

Es importante mencionar que para el análisis de la distribución univariada se ajustó la amplitud de banda óptima ( $h$ ) a la mitad del valor dado, esto para obtener una densidad adecuada para datos no gaussianos, siguiendo lo propuesto por Salgado-Ugarte (2013).

En el análisis de tallas para ambos sexos se usó un ancho de banda de 4.63, para hembras fue de 1.72 y para machos de 1.11 ancho de banda.

#### **IV.4.2 Relación longitud total-peso total**

Para establecer la relación entre la longitud total y el peso se utilizaron datos por sexos, mediante la ecuación modificada de Ricker (1975):

$$P = aL^b$$

donde:

$P$  = peso total (gr)

$L$  = Longitud total (cm)

$a$  = coeficiente

$b$  = exponente

Los parámetros  $a$  y  $b$  se estimaron mediante el análisis de regresión no lineal (Sparre y Venema, 1997) y lineal para la expresión logarítmica. Para conocer el tipo de alometría por sexos (se usaron los intervalos de confianza obtenidos por regresión no lineal) y se utilizó la prueba de  $t$ -Student en la regresión lineal con un nivel de confianza del 95% (Zar, 1996).

$$t = \frac{b_1 - 3}{Sb_1}$$

donde:

$t$ = Estadístico de prueba

$b_1$ = Pendiente de la relación talla-peso

$Sb_1$ = Error estándar de la pendiente

Para el caso de que el exponente de la relación talla-peso fuera igual a 3, entonces la relación se considera que el organismo presenta un tipo de crecimiento isométrico. Es decir, que la longitud total y el peso de los organismos crecen de manera proporcional. Sin embargo, si la pendiente fuera diferente a tres sería una relación alométrica, que puede ser de dos maneras. La relación tipo alométrica positiva si es mayor a 3; esto indica un crecimiento mayor en peso que en longitud. Y alométrica negativa si es menor a 3, lo cual indica un mayor crecimiento en longitud que en peso. De igual manera se realizó una prueba de covarianza (ANCOVA) y una prueba de  $F$  para comprobar dos funciones potenciales (Roff, 2006), y determinar si existen diferencias significativas entre machos y hembras.

#### **IV.4.3 Madurez sexual**

La talla mínima de primera madurez se estableció para cada sexo como la talla del individuo maduro más pequeño (Conrath, 2005). De igual manera se realizaron análisis de regresión lineal, para observar si existía relación entre el largo del mixopterigio con la longitud total. En las hembras

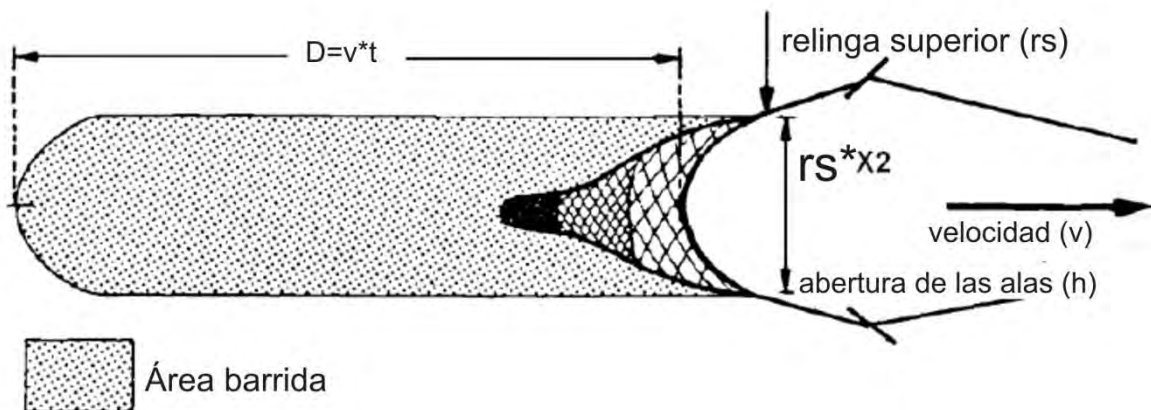
se realizó el mismo análisis con el ancho de la glándula oviducal ya que puede indicar el inicio del período de madurez (Natanson y Cailliet, 1986).

#### IV.4.4 Talla de nacimiento

La talla de nacimiento se calculó a partir del promedio entre la talla ( $L_t$ ) del embrión de mayor tamaño con la talla ( $L_t$ ) del individuo más pequeño capturado (neonato) (Liu *et al.*, 1999; Conrath, 2005).

#### IV.4.5 Distribución espacio-temporal.

El área barrida es una técnica utilizada para determinar la biomasa y distribución de un recurso presente en un área, y consiste en expandir los rendimientos de pesca logrados en lances con red de arrastre, a un área considerada (Martínez-Muñoz, 2012). Una vez calculada el área, se pueden hacer estimaciones de abundancia de las capturas. El factor área es importante para la evaluación de cualquier recurso en explotación (Sparre y Venema, 1997).



**Figura 4.** Área barrida por la red de arrastre (Martínez-Muñoz 2012)

En la figura 4, se observa que la red de arrastre barre un sector definido, cuya área es igual a la longitud del sector por el ancho de la red, llamada área barrida o sector de barrido efectivo. Se puede determinar estimar por la siguiente formula (Sparre y Venema, 1997):

$$A = D * rs * X2$$

donde:

$D$ =la distancia cubierta

$rs$ = longitud de la relinga superior (m),

$X2$ = es la parte de la relinga superior que equivale al ancho del sector barrido por la red de arrastre (abertura de las alas).

El valor de  $X2$ varía y por lo general se sitúa entre 0.5 y 1.0. En este caso de estudio se usó 0.5 como lo recomienda Pauly (1980), y que es el que se ajusta mejor y en general se utiliza para los trabajos de reconocimiento (Sparre y Venema, 1997; Martínez-Muñoz, 2012).

El resultado obtenido de  $A$  se multiplicó por dos, ya que se usaron dos redes de arrastre por muestreo. Para el parámetro  $D$ (distancia cubierta), se calculó a partir de las posiciones geográficas exactas de inicio y término de cada lance:

$$D = 6378.137 * A \text{ Cos}(\text{Cos}(\text{Lat1}) * \text{Cos}(\text{Lat2}) * \text{Cos}(\text{Lon2} - \text{Lon1}) + \text{Sin}(\text{Lat1}) * \text{Sin}(\text{Lat2}))$$

Diámetro de la Tierra=6378.137 m

Se calculó  $rs$  aplicando la fórmula de separación entre las puntas de las alas de la red de arrastre:

$$Hl \approx \frac{D * Lc}{Lc + Lb}$$

Donde:

$D$ = separación de las puertas,

$Lc$ =longitud de la red de arrastre sin el saco

$Lb$  longitud de a malleta

Se realizó el cálculo de la biomasa utilizando el área barrida, con la siguiente fórmula (Prado y Dremiere, 1988):

$$BEj = \frac{Abj * 10}{AB}$$

$BEj$ =Biomasa de cada estación

$Abj$ =Abundancia total para cada estación

$AB$ =Área barrida

La abundancia se calculó con la siguiente fórmula:

$$AEj = \frac{Wj * 10}{AB}$$

$AEj$ =Abundancia de cada estación

$Wj$  =Peso total por estación

$AB$  =Área barrida

Para la evaluación de patrones de distribución de *R. leucorhynchus*, se aplicó un análisis cluster con el software Primer 5. El análisis de cluster se realizó para agrupar estaciones de muestreo caracterizadas por un estado de madurez particular lo que se detectó por los grupos formados a partir del valor de similitud más alto en un dendrograma (Clarke y Warwick, 2001). El análisis se llevó a cabo a partir de una matriz de similitud calculada mediante el Índice Bray-Curtis derivada de la matriz de presencia/ausencia original. El Índice de Bray-Curtis fue utilizado ya que satisface diversos criterios deseables: toma valores de 100 cuando las muestras son idénticas y valores de 0 cuando sucede lo contrario. Mientras que un cambio en la unidad de medida no afecta su valor, su valor no cambia con la inclusión o exclusión de especies que se encuentran ausentes en las dos muestras. Finalmente, la inclusión (o exclusión) de una tercera muestra no hace diferencias en la similitud entre las primeras dos muestras (Clarke y Warwick, 2001).

Como método de ordenación adicional para evaluar la relación de las agrupaciones por estado de madurez se realizó un Análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS). Este método construye una configuración de grupos en un número específico de dimensiones, las cuales satisfacen las condiciones impuestas por la matriz de similitud (Clarke y Warwick, 2001). Es decir, el MDS es un método iterativo que busca la mejor posición de  $n$  entidades en  $k$  dimensiones (ejes) minimizando el estrés de la configuración dimensional  $k$ . El estrés se refiere al grado de distorsión entre los intervalos de similitud y las distancias correspondientes en el gráfico generado. Se considera que un valor menor a 0.5 muestra una excelente representación u ordenación (Clarke y Warwick, 2001; McCune y Grace, 2002).

Por otro lado, para determinar si existen o no diferencias en la composición de las agrupaciones por estado de madurez a escala espacial, se utilizó el Análisis de Similitud no paramétrico (ANOSIM) de una vía. Finalmente, para corroborar los resultados obtenidos se realizó el análisis de Perfiles de Similitud (SIMPROF), para ver la significancia de la estructura entre las muestras que no tienen una agrupación predefinida.

Con la información obtenida por el PRIMER 5, se llevó a cabo la realización de los mapas de distribución. Los mapas se realizaron con base en los datos obtenidos del análisis de ordenación por CLUSTER, MDS, SIMPROF y ANOSIM.



## V. RESULTADOS

Se recolectó un total de 401 guitarras trompa blanca, de las cuales 209 fueron hembras y 192 machos. Para hembras, los organismos inmaduros (incluyendo neonatos, juveniles y en maduración) representaron el 65.0% de la abundancia (Tabla 2). La mayor biomasa estandarizada promedio se presentó en hembras adultas con embriones ( $34.2/h^{-1}$ ). La  $Lt$  mínima fue de 16.6 cm y la máxima de 65.0 cm. Para machos, 90.1% de la abundancia estuvo representado por organismos inmaduros (neonatos, juveniles y en maduración) (Tabla 3). Cabe mencionar que en el caso de los machos en el mes de junio no se obtuvo el peso total de cada organismo. Por lo tanto, los datos presentados en la tabla 3, en cuanto a biomasa estandarizada solo es válida para los organismos colectados en diciembre 2009 y marzo 2010. Los organismos en maduración representaron la mayor biomasa estandarizada promedio ( $21 kg/h^{-1}$ ). La talla mínima observada para machos fue de 11.3 cm y la máxima de 47.7 cm. La profundidad promedio para cada estado de madurez y sexo se presenta en la tabla 2 y 3.

**Tabla 2.** Profundidad de captura, biomasa y densidad estandarizada promedio en hembras por estado de madurez, y longitud total (cm) para hembras de *R. leucorhynchus*.

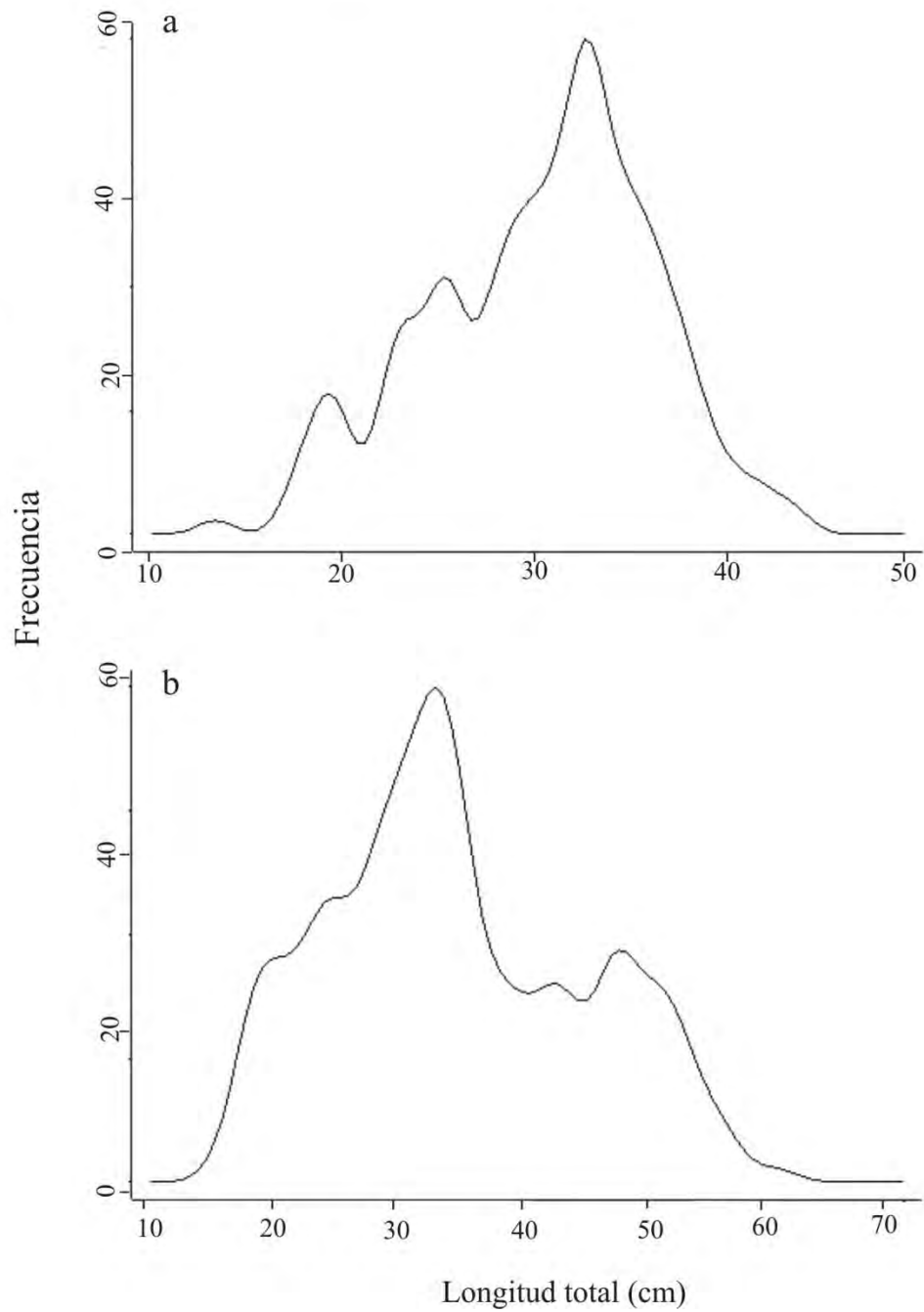
<b>Estado de madurez</b>	<b>Biomasa (<math>kg/h^{-1}</math>)</b>	<b>Densidad (<math>ind/h^{-1}</math>)</b>	<b><math>Lt</math> (min)</b>	<b><math>Lt</math> (max)</b>	<b><math>Lt</math> (prom)</b>
Neonatos	0.8	0.6	16.6	19.0	17.8
Juveniles	13.1	10.2	19.2	38.0	28.6
En maduración	8.0	2.3	28.6	49.8	39.2
Adultas (ovocitos)	12.2	2.4	37	51.2	45.8
Adultas (embriones)	34.2	3.3	36.6	65.0	50.7
Adultas (postparto)	0.1	0.2	46.4	46.4	23.2

**Tabla 3.** Profundidad de captura, biomasa y densidad estandarizada promedio en machos por estado de madurez y longitud total en cm para machos de *R. leucorhynchus*.

<b>Estado de madurez</b>	<b>Biomasa (kg/h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Densidad (ind/h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Lt (min)</b>	<b>Lt (max)</b>	<b>Lt (prom)</b>
Neonatos	3.2	1.3	11.3	18.5	14.9
Juveniles	10.6	10.9	19.2	37.6	28.4
En maduración	21	5.5	31.8	40.0	35.9
Adultos	2.7	0.2	35.6	47.7	41.6

### V.1. Composición de tallas

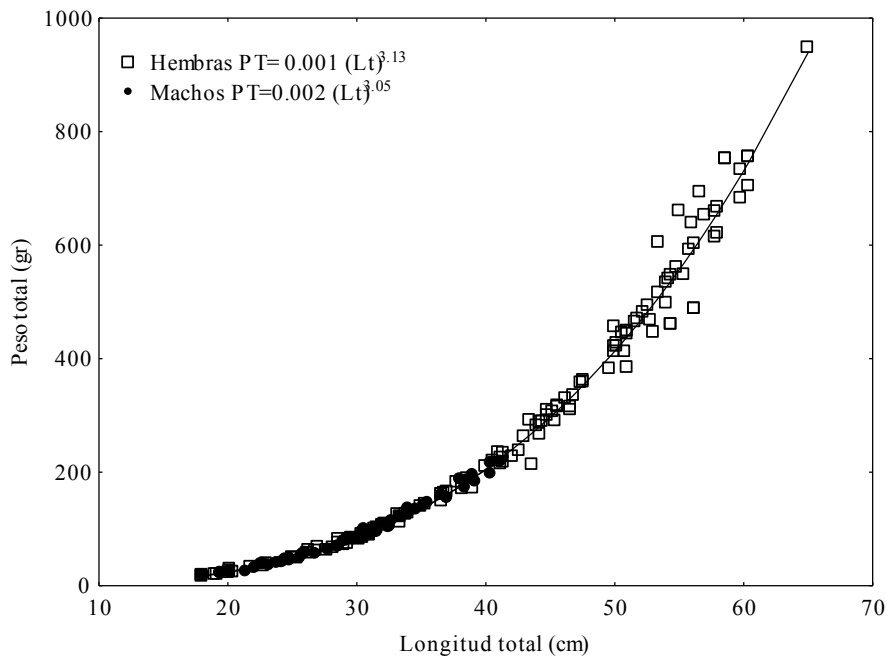
En el análisis de composición de tallas para hembras y machos se observaron siete modas: 11.3, 18.9, 25.7, 34.8, 45.2, 50.6 y 65.0 cm de *Lt* (longitud total). Para machos se obtuvieron cuatro modas: 10.7, 2) 17.8, 3) 25.0 y 33.9 cm *Lt* (Fig. 5a) Para hembras se identificaron tres modas: 34.4, 44.7 y 50.2 cm *Lt* (Fig.5b). Para el caso de machos las principales tallas de captura estuvieron entre 10 y 34 cm *Lt*. Mientras que en hembras fueron de 34 y 44 cm *Lt*, principalmente. Esto indica que tanto en machos como hembras, la captura con red de arrastre de fondo incide principalmente en organismos juveniles.



**Figura 5.** Histogramas por EDK; a) machos, b) hembras de *R. leucorhynchus*.

## V.2. Relación longitud total-peso total

Se registró el peso de 130 hembras de 12.1 a 752.4 gr y 63 machos de 13.5 a 301.2 gr. La relación longitud total-peso total para hembras arrojó un valor de la pendiente de 3.13 ( $r^2=0.99$ ,  $F_{(2,128)}=11380$ ,  $p < 0.001$ ) y para machos de 3.05 ( $r^2=0.99$ ,  $F_{(2,61)}=15441$ ,  $p < 0.001$ ). La prueba  $t$  indicó que existe diferencia significativa para la pendiente resultante para hembras ( $t = 2.53$ ,  $gl = 129$ ,  $p < 0.001$ ). Mientras, que para machos no hay diferencias significativas ( $t = 1.40$ ,  $gl = 62$ ,  $p = 0.16$ ). Lo anterior indicó una relación de tipo alométrica positiva para hembras e isométrica para machos (Fig.6). Las hembras aumentaron más en peso total que en longitud total, mientras que los machos aumentaron de manera proporcional tanto en peso total como longitud total. El análisis de covarianza para determinar diferencias entre las pendientes de la ecuación de machos y hembras indicó que existen diferencias significativas ( $F = 1005$ ,  $gl = 1,192$ ,  $p < 0.001$ ). De igual manera la prueba  $F$  para comprobar dos funciones potenciales también indicó que existen diferencias significativas ( $r^2=0.9945$ ,  $F_{(2,91)}=17396$ ,  $p < 0.001$ ).

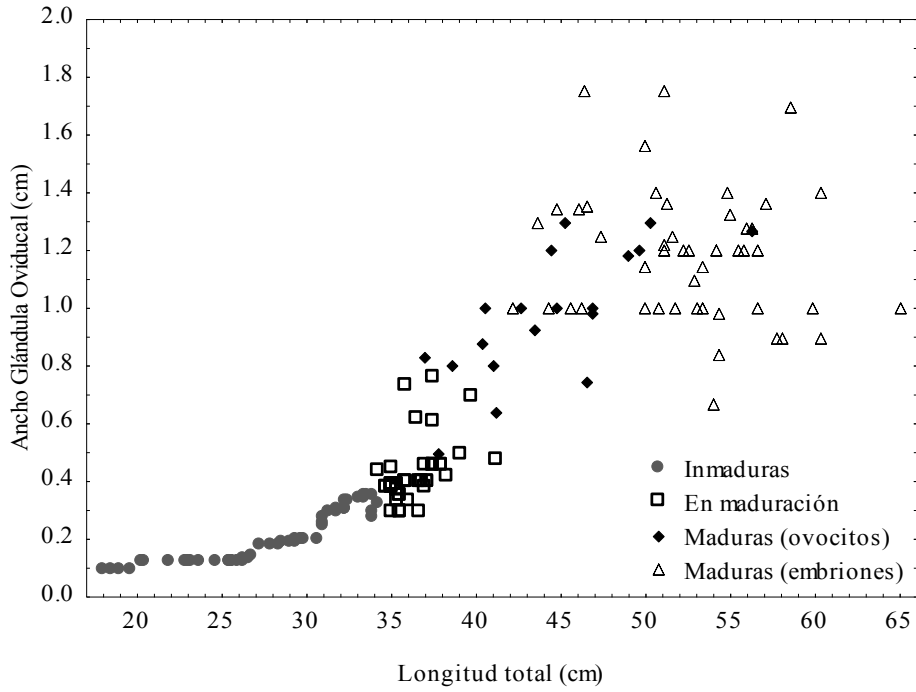


**Figura 6.** Relación longitud total-peso total para hembras y machos de *R. leucorhynchus*.

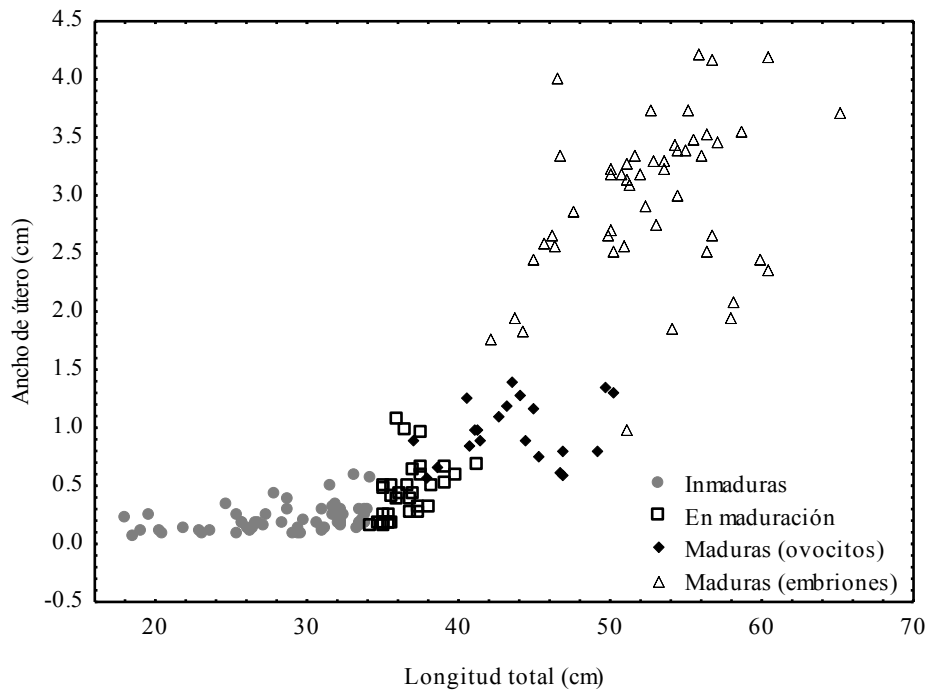
### **V.3. Madurez sexual**

#### **V.3.1. Hembras**

Se observó el desarrollo ovárico de 128 hembras con tallas de 18.0 a 65.0 cm de *Lt* las cuales correspondieron a cinco estados de madurez (inmadura, en maduración, madura con ovocitos, madura con embriones y madura postparto). Las hembras inmaduras presentaron tallas de 18.0 a 34.2 cm de *Lt*, con ancho de glándula oviducal (GO) de 0.1 a 0.46 cm, el útero en esta etapa tuvo un ancho entre 0.07 a 0.76 cm. La GO en esta etapa fue difícil de diferenciar ya que el ancho se presentó de igual o similar tamaño que el oviducto (Fig. 7). Las hembras en maduración tuvieron tallas de 34.2 a 41.2 cm de *Lt*, con ancho de GO de 0.14 a 0.84 cm y ancho de útero que varió de 0.13 a 1.3 cm (Fig. 8). Las hembras maduras con ovocitos sin embriones, presentaron tallas de 37.0 a 50.2 cm de *Lt*, con ovocitos de 0.53 a 3.0 cm de ancho, en grupos de diferentes tamaños en una misma hembra; el ancho de GO osciló entre 0.5 a 1.3 cm, con ancho de útero de 0.58 a 4.56 cm. Por último las hembras maduras con embriones, mostraron tallas de 42.1 a 65.0 cm de *Lt*, con ovocitos los cuales estuvieron en un intervalo de 0.3 a 2.7 cm de ancho, el ancho de GO fue de 0.58 a 2.75 cm, y el ancho de útero varió de 1.0 a 4.2 cm.



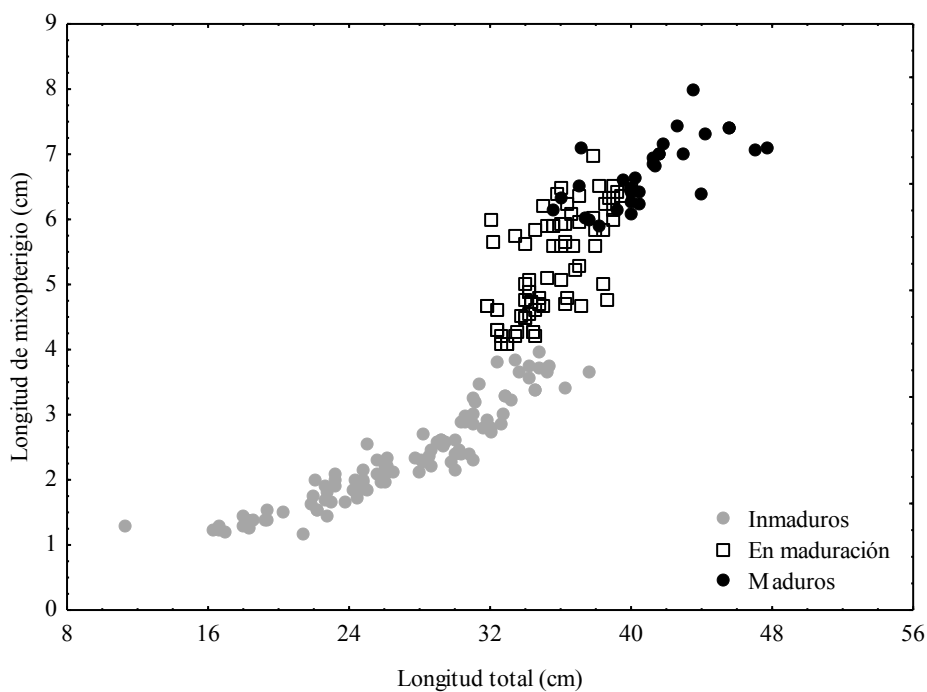
**Figura 7.** Representación entre longitud de la glándula oviducal y longitud total de hembras.



**Figura 8.** Representación entre ancho del útero y longitud total de hembras.

### V.3.2. Machos

Se observaron 3 estados de madurez (inmaduros, en maduración y maduros) (Fig. 9). Los mixopterigios presentaron un desarrollo progresivo conforme los organismos crecieron. Los organismos inmaduros presentaron tallas de 11.3 a 37.6 cm de *Lt*, con mixopterigios sin calcificar de 1.16 a 3.98 cm de longitud. . Los organismos en maduración tuvieron tallas de 31.8 a 40.0 cm de *Lt*, con mixopterigios de 4.22 a 6.98 cm de longitud. Los organismos maduros presentaron tallas que fueron desde los 35.6 cm a 47.7 cm de *Lt*, con mixopterigios de 5.9 a 8.0 cm de longitud.



**Figura 9.** Relación entre la longitud de mixopterigios y la longitud total de los machos de *Rhinobatos leucorhynchus*.

Se presentan los estados de madurez, basados en el desarrollo macroscópico de órganos reproductores de hembras y machos de *Rhinobatos leucorhynchus*.

**Tabla 4.** Fases de la escala de desarrollo gonadal macroscópico propuesto para hembras de *Rhinobatos leucorhynchus*

<b>Escala de desarrollo gonadal macroscópico para hembras</b>		
Fase I	Inmadura	Sin desarrollo ovárico, ovarios pequeños sin desarrollar y de textura transparente, oviductos delgados poco diferenciados, úteros se observaron como tubos angostos. Glándula oviducal indiferenciada.
Fase II	En maduración	Ovarios en desarrollo delgados con coloración blanquecina, sin presencia evidente de ovocitos, consistentes y de apariencia uniforme, oviductos delgados y diferenciados de la glándula oviducal la cual comienza a engrosarse.
Fase IIIa	Madura sin embriones	Ovario con ovocitos visibles en ambas gónadas, con distintos diámetros dispuestos como racimos de uvas. Oviductos gruesos, glándula oviducal diferenciada con forma acorazonada o forma de "S" y útero parcialmente ensanchado.
Fase IIIb	Madura con embriones	Ovarios con ovocitos con diferentes diámetros, oviductos gruesos, con glándula oviducal diferenciada. Embriones, úteros ensanchados, ocupando gran parte de la cavidad visceral.
Fase IV	Madura postparto	Útero ensanchado con paredes vascularizadas y flácidas. Abertura cloacal expandida.

**Tabla 5.** Fases de la escala de desarrollo gonadal macroscópico de machos de *Rhinobatos leucorhynchus*

<b>Escala de desarrollo gonadal macroscópico para machos</b>		
Fase I	Inmaduro	Testículos transparentes, con color blanquecino/crema, delgados, flácidos y sin presencia de lobulación o turgencia; sin irrigación sanguínea evidente y con desarrollo incipiente. Epidídimos poco diferenciados, flácidos y delgados. El órgano epigonal perceptible. Mixopterigios pequeños, flácidos, rifiodón cerrado, ausencia de semen y rotación menor a 360°.
Fase II	En maduración	Testículos con engrosamiento, coloración crema/amilla, perceptible una pequeña lobulación e irrigación sanguínea. Los epidídimos se comienzan a engrosar en la parte anterior y media de los vasos deferentes, y a conformarse de manera espiral ligeramente con coloración blanquecina. El órgano epigonal presentó color pardo y se observó un ligero recubrimiento hacia los epidídimos y vasos deferentes. Mixopterigios han aumentado de tamaño y están parcialmente calcificados, el rifiodón se conservó cerrado.



Fase III	Maduro	Testículos con lóbulos, seccionados, turgentes, con irrigación sanguínea, ambos funcionales, con coloración amarilla hasta ligeramente rosa. Conducto deferente se extiende adyacente a la columna vertebral, epidídimos fueron alargados con estructura espiral, y coloración blanquecina. El órgano epígona de color pardo oscuro cubriendo gran parte de los epidídimos y vasos deferentes. Vesícula seminal con semen. Mixopterigios alargados y totalmente calcificados, rífidón abierto y presencia de semen. Rotación de 360°.
----------	--------	---

#### **V.4. Hembras preñadas, fecundidad y gestación.**

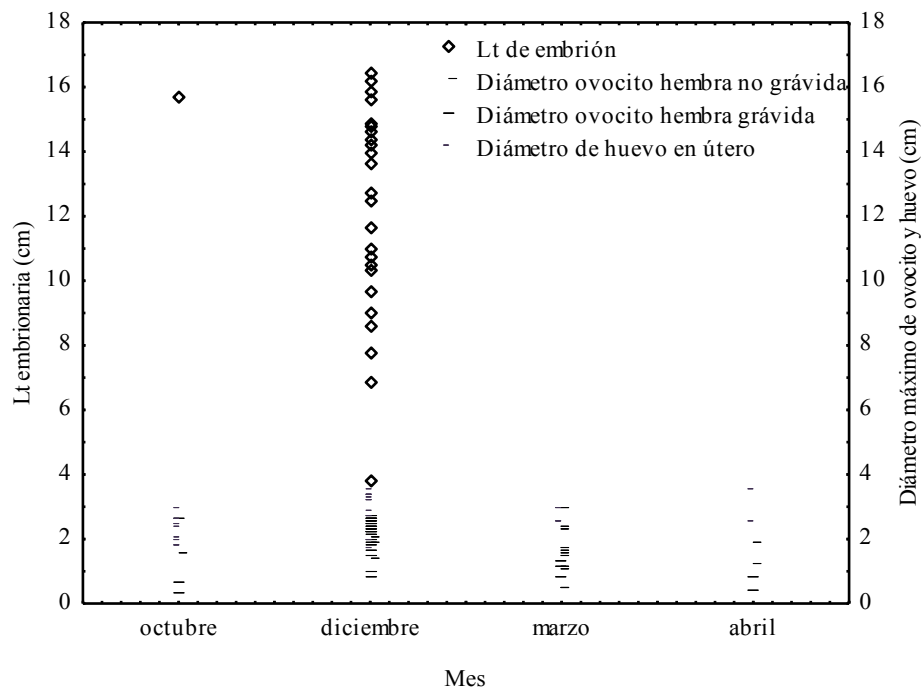
Se observaron ovocitos en hembras no grávidas en los meses de marzo, abril, y diciembre con diámetro de 0.53 a 3.0 cm. En marzo se presentaron el mayor número de hembras no grávidas con ovocitos. Las hembras grávidas con ovocitos se observaron en marzo, abril, octubre y diciembre. Los ovocitos presentaron diámetros de 0.3 a 2.7 cm, y el mayor número de hembras grávidas con ovocitos se observó en diciembre (Fig. 10).

Las hembras grávidas estuvieron presentes en los meses de marzo y diciembre. En marzo se observaron seis hembras grávidas, cinco tenían cápsulas uterinas de color café y no presentaron embriones en desarrollo. En diciembre se observaron 45 hembras grávidas, de las cuales 19 en los úteros tenían solamente cápsulas uterinas de color café y el resto presentaron embriones en diferentes estadios de desarrollo. Los embriones se observaron en ambos úteros, encontrándose una fecundidad entre 1 y 4 embriones por hembra. Se observó una proporción de embriones por útero de 1 a 3, pero la más frecuente fue con 2 embriones por útero (Tabla 6).

Se registraron en total 66 embriones, de los cuales 27 fueron hembras, 31 machos y 8 con sexo indeterminado por el tamaño (<5.0 cm de *Lt*). El intervalo de tallas fue de 3.7 a 16.8 cm de *Lt*, con peso de 0.4 a 15.5 gr. En diciembre se observaron los embriones más pequeños (3.7 cm de *Lt*), así como los de mayor tamaño (16.8 cm *Lt*) y completamente formados, los cuales ya tenían la coloración característica de organismos de vida libre.

Se registraron veinte organismos neonatos con tallas menores a 20.0 cm de *Lt* (5 hembras y 15 machos). La talla más pequeña registrada fue de un macho con 11.3 cm de *Lt*, mientras, que el embrión de mayor talla registrado fue de 16.8 cm *Lt*. Por lo que al calcular la talla de nacimiento para la raya trompa blanca fue en promedio de 14.0 cm *Lt*.

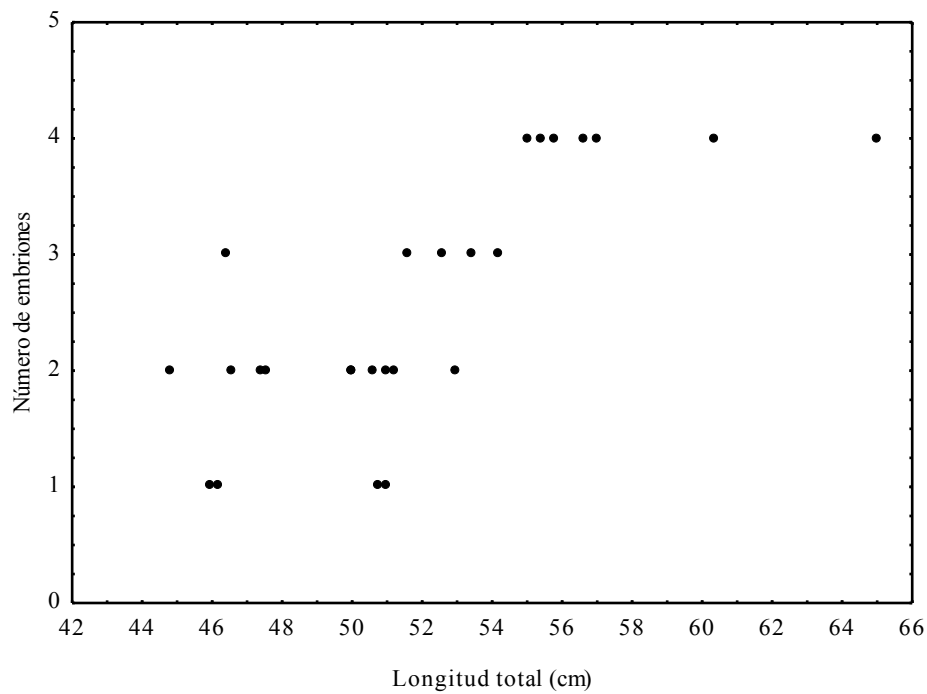
Se observó que las hembras grávidas presentaron un mayor número de embriones conforme aumentaron de tamaño (Fig.11). Las hembras grávidas con tallas entre 45.0 a 55.0 cm de *Lt*, se registraron de uno a tres embriones, mientras, que las hembras de 55.0 a 66.0 cm de *Lt* presentaron 4 embriones.



**Figura 10.** Tendencia del diámetro de ovocitos, huevos y longitud total embrionaria en los muestreos realizados.

**Tabla 6.** Número de hembras grávidas con ambos úteros funcionales, número de embriones por útero y promedio de *Lt* de embriones (cm)

Longitud total (cm)	Frecuencia observada	Promedio de embriones por útero		<i>Lt</i> promedio de embriones (cm)
		Derecho	Izquierdo	
44.0-48.0	7	1.0	1.0	12.6
49.0-53.0	11	1.0	1.0	11.1
54.0-58.0	6	1.8	2.0	12.5
59.0-63.0	1	2.0	2.0	16.4
64.0-68.0	1	3.0	1.0 (abortó)	10.3



**Figura 11.** Representación fecundidad y longitud materna en *Rhinobatos leucorhynchus*.

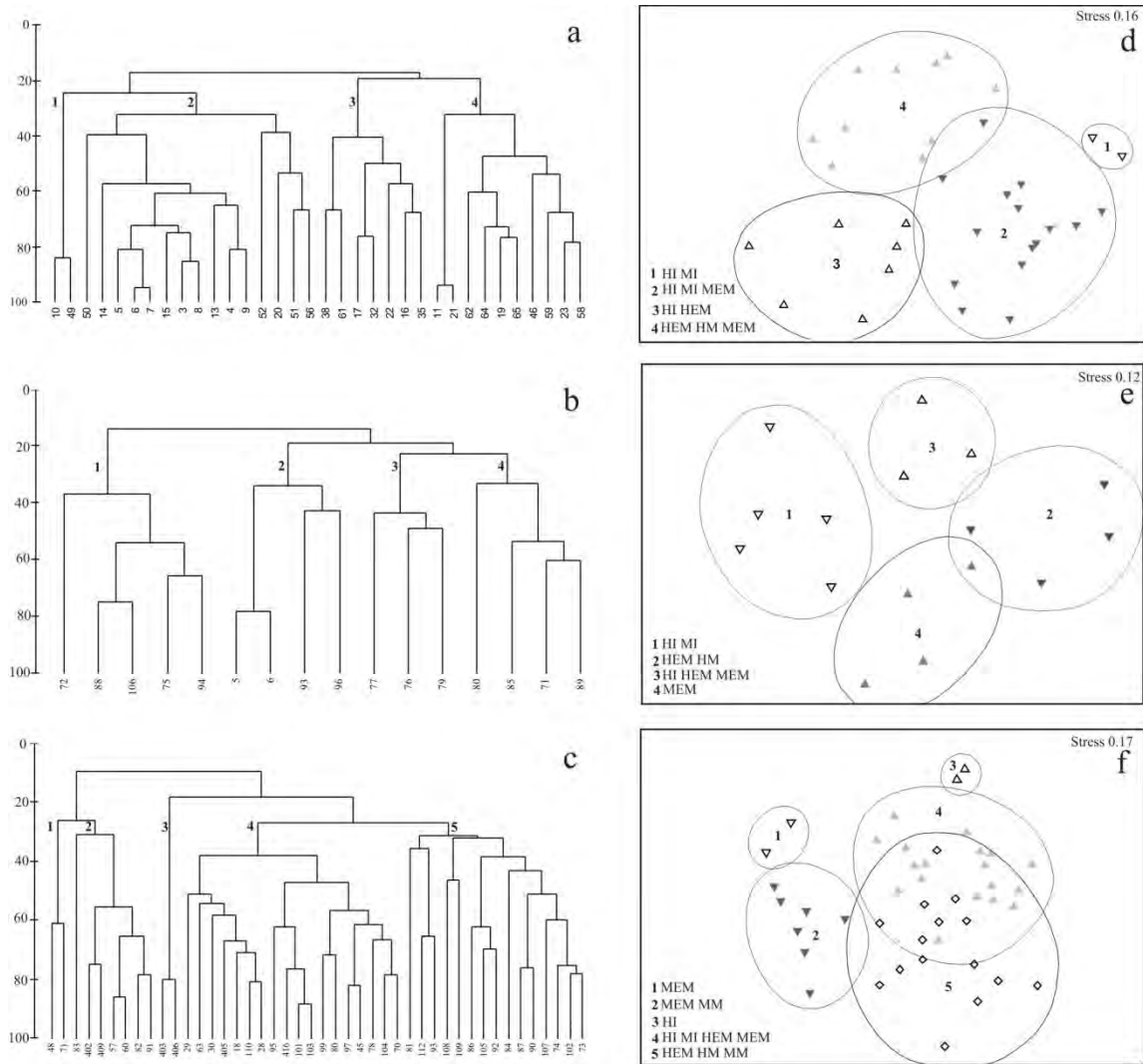
### V.5. Agrupaciones por sexo y estado de madurez

El análisis de conglomerados identificó cuatro grupos (30% de similitud) en los organismos colectados en diciembre 2009 (Fig. 12a): El primer grupo representado por organismos juveniles (hembras y machos), el segundo grupo por juveniles (hembras y machos) y machos en maduración. El tercer grupo por hembras inmaduras y en maduración. El último formado por hembras en maduración, maduras (sin y con embriones) y machos en maduración, el ANOSIM mostró diferencias significativas entre los grupos formados ( $r^2 = 0.76$ ,  $p < 0.0001$ ). Y con respecto al análisis de ordenamiento multidimensional (MDS) en este mes (Fig. 12d), tuvo una medida de Stress de 0.16, mostrando que el grupo de mayor dominancia fue el grupo formado por juveniles y machos en maduración, el cual presentó un ligero traslape con los grupos restantes. Por último la prueba SIMPROF, nos dio para el mes diciembre de 2009, una similitud de 24.6% ( $\pi = 2.4$ ,  $p < 31\%$ ).

En marzo de 2010, se identificaron cuatro grupos (30% de similitud) (Fig. 12b). El primer grupo caracterizado por presentar juveniles (hembras y machos), el segundo por hembras en maduración y maduras (sin y con embriones). El tercer grupo presentó hembras inmaduras, hembras y machos en maduración. Finalmente, el grupo representado por machos en maduración. El ANOSIM mostró que existen diferencias significativas para los grupos formados ( $r^2 = 0.83$ ,  $p < 0.0001$ ) para este mes. El MDS para este mes (Fig. 13e), tuvo una medida de Stress de 0.12, observándose un ligero sobrelape de hembras en maduración y maduras (con y sin embriones) con organismos juveniles y en maduración. La prueba SIMPROF para el mes de marzo 2010, la similitud fue de 15 % ( $\pi = 2.4$ ,  $p < 31\%$ )

En junio de 2010, se identificaron cinco grupos (30% de similitud) (Fig. 12c). El primero formado por machos en maduración, el segundo por machos en maduración y maduros. El tercer grupo formado por hembras juveniles, el cuarto grupo presentó hembras y machos juveniles y en maduración. El último grupo formado por hembras en maduración, maduras (sin y con embriones) y

machos maduros. El ANOSIM para la recolecta de junio mostró diferencias significativas entre los grupos ( $r^2= 0.70$ ,  $p <0.0001$ ). El MDS, arrojó una medida de Stress de 0.17 (Fig. 12f), se observó que el grupo de hembras en maduración, maduras (sin y con embriones) y machos maduros presentaron un importante traslape con el grupo formado por organismos juveniles, en maduración y maduros. El grupo formado por machos en maduración (MEM) y machos maduros (MM), presentó un ligero traslape no significativo con machos en maduración (ME), y el grupo de organismos juveniles (HI y MI) y en maduración (MEM) presentó traslape con el grupo de hembras juveniles (HI). La prueba de SIMPROF para el mes de junio de 2010, la similaridad fue de 31.4% ( $\pi=2.4$ ,  $p <8\%$ ).



**Figura 12.** Dendrogramas y diagramas MDS (**a** y **d**: diciembre 2009, **b** y **e**: marzo 2010, **c** y **f**: junio 2010). HI: Hembras inmaduras, HEM: hembras en maduración, HM: hembras maduras (sin y con embriones), MI: Machos inmaduros, MEM: Machos en maduración y MM: machos maduros.

### **V.5.1. Distribución espacial de las agrupaciones**

De acuerdo a los grupos obtenidos para la recolecta de diciembre de 2009, se observó que la agrupación dominante y con mayor amplitud en cuanto a distribución estuvo representada por los organismos juveniles (HI y MI) y machos en maduración (MEM), las cuales se distribuyeron a través de la costa desde el Mar Muerto (MM) hasta Chantuto-Panzacola (Fig. 13a). También se observó un grupo de organismos juveniles (HI y MI) frente a Boquerón, siendo éste el de menor amplitud de distribución. Las hembras inmaduras (HI) y en maduración (HEM) formaron agrupaciones aisladas frente del Mar Muerto, La Joya-Buenavista, Boquerón y Chantuto-Panzacola. Finalmente, las hembras en maduración, maduras (sin y con embriones) y machos en maduración (MEM) se encontraron frente al Mar Muerto, Barra Tonalá, La Joya-Buenavista, Boquerón y, Chantuto-Panzacola.

En marzo de 2010, se observó que los juveniles (HI y MI) presentaron una distribución más amplia, frente a La Joya-Buenavista (Fig.13b). Las hembras en maduración (HEM), hembras maduras (sin y con embriones) se localizaron frente a Laguna Superior, y entre La Joya-Buenavista y Santa Cruz. Las hembras inmaduras (HI) y en maduración (HEM) y machos en maduración (MEM) frente a Santa Cruz.

Para junio 2010, se detectaron dos agrupaciones principales; la primera fue la de organismos juveniles (HI y MI), y organismos en maduración (HEM y MEM), los cuales se distribuyeron de manera uniforme desde las costas de Salina Cruz, hasta Puerto Chiapas. La segunda agrupación fue la de hembras en maduración (HEM), maduras (sin y con embriones) y machos maduros (MM), que se localizaron frente la costa de Salina Cruz, Laguna Superior, entre Barra Tonalá, La Joya-Buenavista y Santa Cruz. Los machos en maduración (MEM) se distribuyeron de manera aislada frente a la costa de Puerto Chiapas; mientras que, machos en maduración (MEM) y maduros (MM) se localizaron frente a Mar Muerto, La Joya-Buenavista y Chantuto-Panzacola. Las hembras juveniles (HI) se localizaron frente al Mar Muerto (Fig.13c).

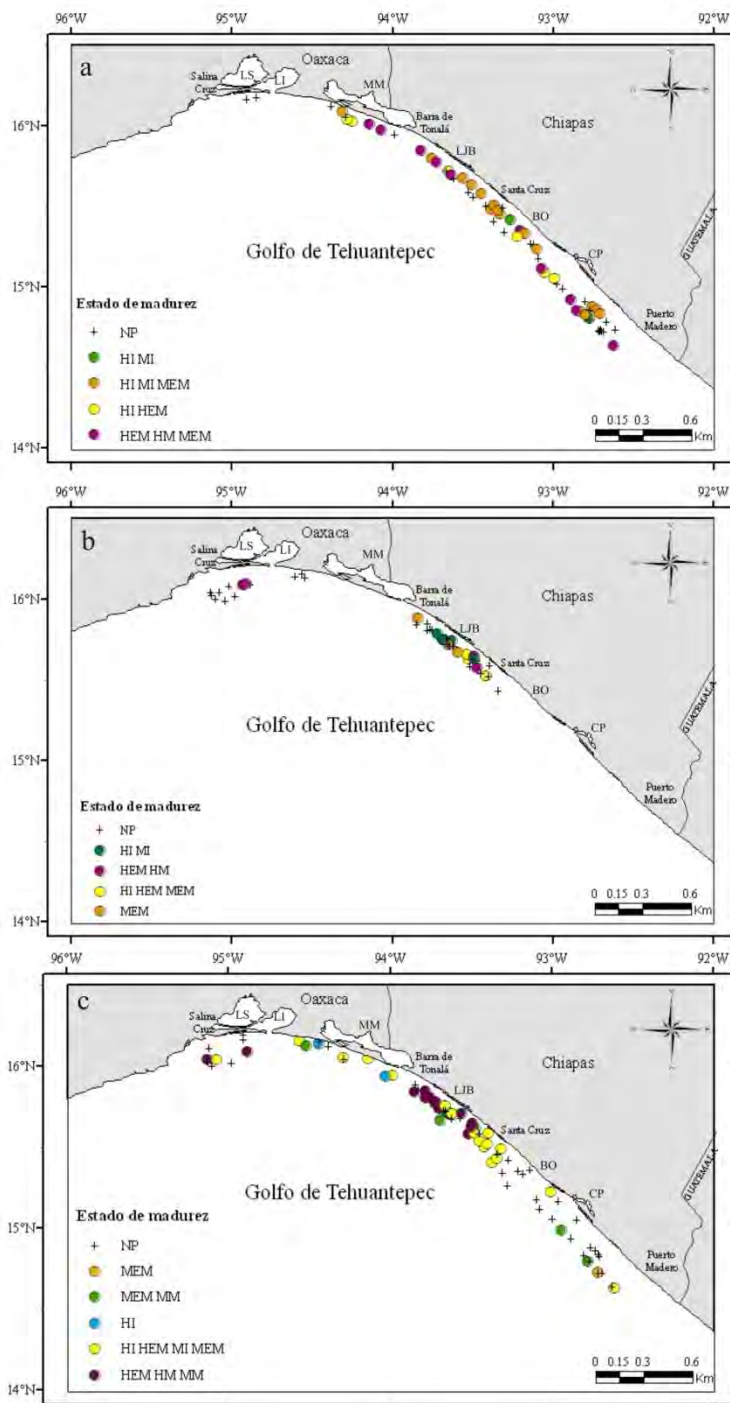
### **V.5.2. Densidad y biomasa**

Para diciembre 2009, se observó una mayor densidad ( $\text{ind h}^{-1}$ ) y biomasa ( $\text{kg h}^{-1}$ ) frente a La Joya-Buenavista, Santa Cruz y Puerto Chiapas (Fig. 14a, y 14d, respectivamente). En marzo de 2010, la mayor densidad y biomasa se localizó frente a Santa Cruz de igual manera se observó una densidad y biomasa representativa frente a La Joya-Buenavista. (Fig. 14b y 14e). Para junio de 2010, la mayor densidad y biomasa se presentó frente a Barra de Tonalá (Fig. 14c y 14f).

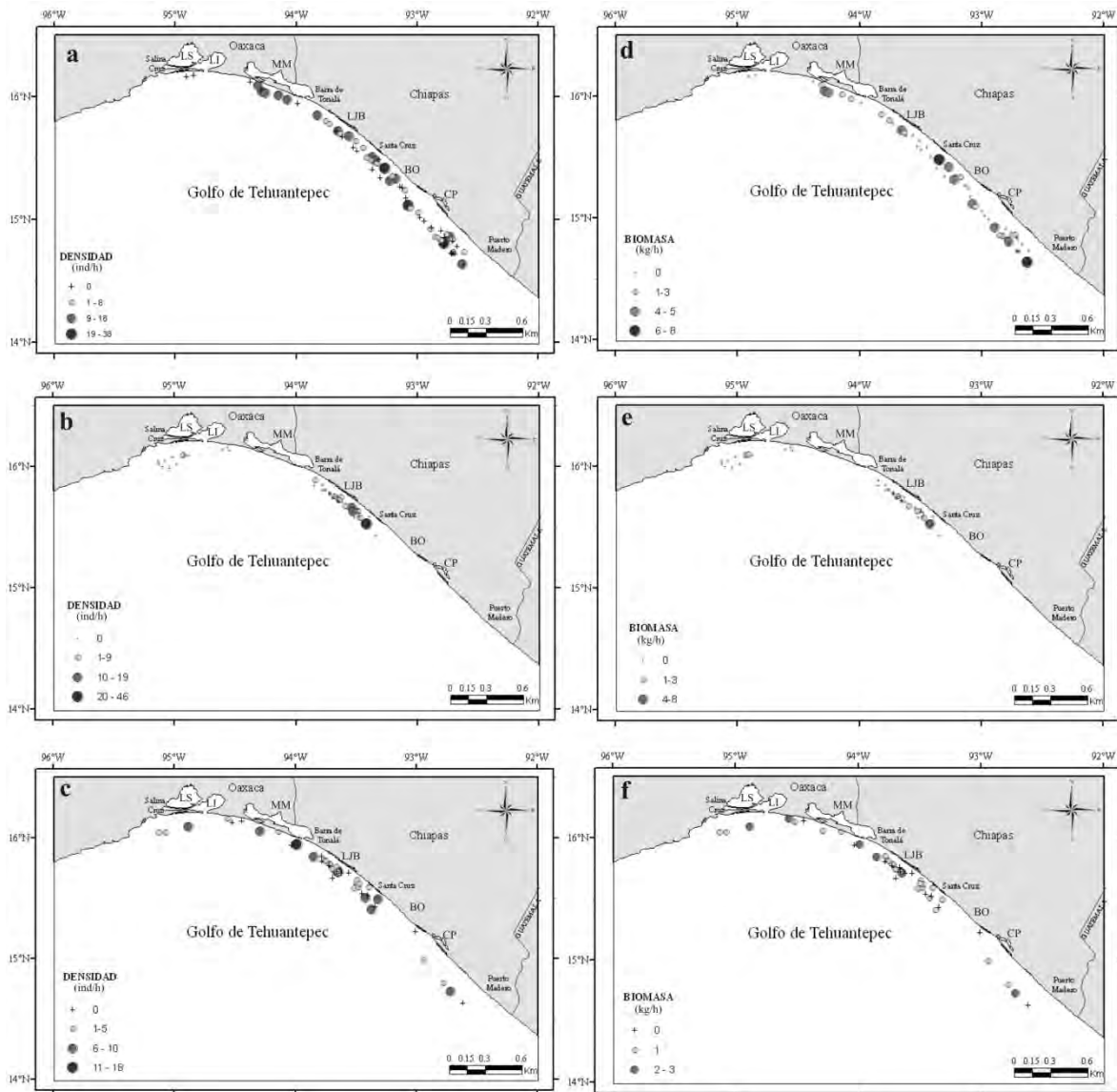
### **V.5.3. Áreas de crianza**

Se observaron hembras con embriones con avanzado estado de desarrollo y neonatos en la recolecta de diciembre 2009. Las hembras con embriones se distribuyeron uniformemente a través de la costa desde el Mar Muerto hasta Puerto Chiapas (Fig. 15); sin embargo, no se presentaron frente a Santa Cruz. Los neonatos fueron identificados por la presencia de la cicatriz de nacimiento en el vientre, la cual en la mayoría de los casos se presentó abierta. Los neonatos tuvieron una dominancia en cuanto a la distribución entre La Joya-Buenavista y Santa Cruz, de igual manera coincidieron en presencia con las hembras con embriones frente al Mar Muerto y Barra de Tonalá. Se observaron dos agrupaciones aisladas, la primera frente al Boquerón, y la otra entre Chantuto-Panzacola y Puerto Chiapas.

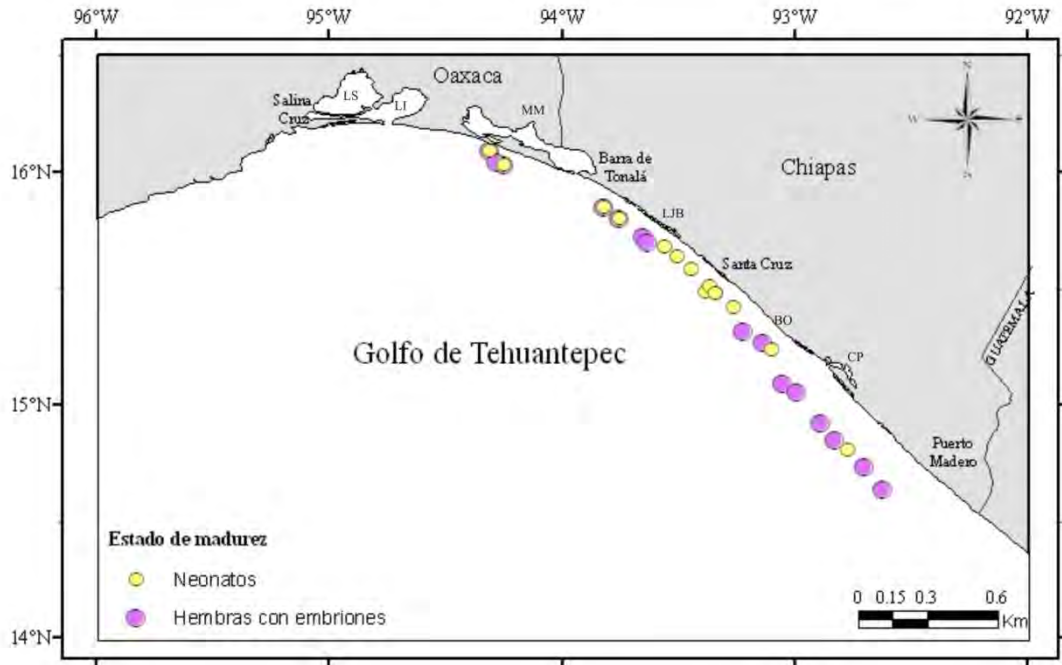




**Figura 15.** Se observan las agrupaciones por estado de madurez de *R. leucorhynchus* en el Golfo de Tehuantepec. **a)** Diciembre 2009, **b)** marzo 2010 y, **c)** junio 2010. NP: No presente la raya de trompa blanca, HI: Hembras inmaduras, HEM: hembras en maduración, HM: hembras sin embriones y con embriones, MI: Machos inmaduros, MEM: Machos en maduración y MM machos maduros. LS: Laguna Superior, LI: Laguna Inferior, MM: Mar Muerto, LJB: La Joya-Buenavista, BO: Boquerón y CP: Chantuto-Panzacola.



**Figura 14.** Se observa la densidad total estandarizada ( $\text{ind h}^{-1}$ ) y la biomasa total estandarizada ( $\text{Kg h}^{-1}$ ) por estación para los muestreos de diciembre 2009 (a y d), marzo 2010 (b y e) y, junio 2010 (c y f). LS: Laguna Superior, LI: Laguna Inferior, MM: Mar Muerto, LJB: La Joya-Buenavista, BO: Boquerón y CP: Chantuto-Panzacola.



**Figura 15.** Se observan las estaciones donde se localizaron a las hembras con embriones y a los organismos neonatos. LS: Laguna Superior, LI: Laguna Inferior, MM: Mar Muerto, LJB: La Joya-Buenavista, BO: Boquerón y CP: Chantuto-Panzacola. Recolecta de diciembre 2009.

## **VI. DISCUSIÓN**

En el Golfo de Tehuantepec se han registrado un total de 32 especies de batoideos, de las cuales 16 especies son capturadas con redes de arrastre de fondo (Tapia-García y García-Abad 1998, Medina-Bautista 2011, Torres-Huerta *et al.* 2012). Las especies más abundantes son *R. leucorhynchus*, *Urotrygon chilensis*, *U. rogersi*, *U. nana*, *N. vermiculatus* y *N. entemedor* (Tapia-García y García-Abad 1998, Torres-Huerta *et al.* en prensa). La raya trompa blanca *R. leucorhynchus* es una especie poco abundante (Tapia-García y García-Abad 1998, Torres-Huerta *et al.* en prensa) con un porcentaje de frecuencia de ocurrencia del 12.2 % (Medina-Bautista 2011). La profundidad de captura de esta especie es de 12 a 62 m en la plataforma continental de Oaxaca y Chiapas, de Salina Cruz hasta Puerto Chiapas (Torres-Huerta *et al.* 2012).

### **VI.1. Composición de tallas**

Las tallas registradas en el Golfo de Tehuantepec para hembras es de 16.6 a 65 cm *Lt* y en machos de 11.3 a 47.7 cm *Lt*. Estas tallas son similares a las reportadas anteriormente para la zona por Robertson y Allen (2002) quienes encuentran una talla máxima de 65 cm *Lt*. Mientras que, Medina-Bautista (2011) reporta tallas que van desde los 6 a 25 cm de ancho de disco (AD) (aproximadamente de 17 a 63 cm *Lt*) para hembras y de 6 a 16 cm de AD (aproximadamente de 12 a 45 cm *Lt*) para machos capturados con arrastres de fondo. La mayor frecuencia de tallas registradas en este estudio corresponde principalmente a juveniles, tanto hembras como machos (de 20 a 40 cm *Lt* y de 10 a 30 cm *Lt*, respectivamente). Contrario a lo que menciona Payán (2011), para el Pacífico colombiano, quien encuentra principalmente organismos maduros, por lo que podríamos suponer que las redes de arrastre de fondo en el Golfo de Tehuantepec inciden principalmente sobre la población de juveniles y en el Pacífico colombiano sobre adultos.

## **VI.2. Relación longitud total-peso total**

Respecto a la relación longitud total y peso total de *R. leucorhynchus* las hembras aumentan más de peso que en talla, y los machos aumentan de manera proporcional tanto en talla como en peso. Esto ha sido reportado anteriormente dentro de la familia Rhinobatidae, en especies como *R. horkelli* (Texeira, 1982), *R. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1995), *R. cemiculus* (Seck *et al.* 2004) y *Rhinobatos rhinobatos* (Ismen *et al.*, 2007). Pero difiere a lo reportado por Soler (2006) y Payán *et al.* (2011), quienes mencionan que la relación entre *Lt* y peso de *R. leucorhynchus* no mostró diferencias significativas para hembras y machos, aunque los machos fueron ligeramente más pequeños que las hembras y presentaron menor peso corporal en tallas similares, teniendo un tipo de crecimiento alométrico tanto hembras como machos.

Capapé y Zaouali (1994) mencionan que dentro de la familia Rhinobatidae es común encontrar dimorfismo sexual en el tamaño, hembras con tallas mayores que machos. Esto también puede ser debido a que las hembras necesitan un mayor tamaño para albergar a las crías que tienen de manera vivípara aplacentaria (Ebert, 2005; Payán *et al.*, 2011). Este comportamiento también se ha observado en otras especies de batoideos como *Myliobatis californica* (Martin y Cailliet, 1988); *Dasyatis pastinaca* (Ismen, 2003) y *Rhinoptera bonasus* (Neer y Thompson, 2005).

## **VI. 3.Madurez sexual**

En el Golfo de Tehuantepec, las hembras de la guitarra trompa blanca alcanzan la primera madurez a los 36.6 cm *Lt*. Lo anterior difiere por lo reportado por Navia (2002) y Payán *et al.* (2011), ya que la hembra grávida de menor talla que reportan estos autores para el Pacífico colombiano es de 44 cm *Lt*. Esto podría deberse a que en el Golfo de Tehuantepec se capturan principalmente individuos juveniles, mientras que para el Pacífico colombiano el 86% de las guitarras reportadas son hembras adultas con tallas superiores a los 44 cm de *Lt*. La talla de primera madurez para machos de la raya trompa blanca en el Golfo de Tehuantepec es a los 35.6 cm de *Lt*. Payán *et al.* (2011) para el

Pacífico colombiano reporta para machos una talla de primera madurez de 42 cm de *Lt*. La diferencia en la talla reportada para el Golfo de Tehuantepec y el Pacífico colombiano podría deberse a que en la región colombiana la captura incidió principalmente sobre organismos de tallas mayores a los 49 cm de *Lt*.

En elasmobranquios existen diferencias marcadas en la estructura y desarrollo del sistema reproductor, sobre todo en hembras (Worms 1977). Diversos estudios en rayas demuestran que hay especies con ambos ovarios pareados y funcionales, mientras que en otras especies solo uno es funcional, ya sea el izquierdo o derecho, incluyendo la funcionalidad del oviducto, la glándula oviducal y el útero (Wourms 1977). Las hembras de *R. leucorhynchus* al igual que algunas especies de rhinobátidos, presentan ambos ovarios y úteros funcionales. En hembras a partir de los 28.6 cm *Lt* se observa que ambos ovarios y úteros se ensanchan, la glándula oviducal es diferenciable, ovarios de color blanquecino, así como evidencia de ovocitos que es característico de órganos reproductores maduros.

En machos de la guitarra trompa blanca presenta ambos testículos funcionales, lo cual es común en la familia Rhinobatidae y ha sido reportado para *Rhinobatos productos* (Villavicencio-Garayzar, 1995; Grijalba-Bendeck, 2008). En elasmobranquios en general la evaluación de la maduración sexual se basa en la observación de los mixopterigios, con base en la longitud, la rotación y la calcificación de los órganos copuladores puede inferirse si un organismo está maduro o no (Pratt, 1988). Sin embargo, otro método para corroborar la maduración, es de manera interna al observar los órganos reproductores (desarrollo, coloración e irrigación sanguínea, así como presencia o ausencia de semen) (Acero *et al.*, 2008; Grijalba-Bendeck *et al.* 2008). Así usando ambos métodos nos da una mayor precisión en cuanto a la información de la madurez de los machos de la raya trompa blanca.

Se observa que la fase de maduración de hembras y machos es muy corta. En hembras, tanto los ovarios como la glándula oviducal, se diferencian rápidamente al igual que algunas hembras con talla similar a las inmaduras presentan ovocitos. Mientras que en machos los mixopterigios y su

calcificación se da de manera acelerada. De igual manera, los testículos cambian rápidamente en esta etapa, dejando de verse transparentes, tomando turgencia e irrigación sanguínea, hasta llegar a estar maduros sexualmente. Esto puede deberse a que tanto hembras como machos en su primera etapa de vida (juveniles) se dedican a concentrar la energía en el crecimiento rápido, pero al llegar a determinada talla, esta energía la desvían a la parte reproductiva (Hamlett, 2005).

#### **VI. 4. Hembras preñadas, fecundidad y gestación.**

En los elasmobranquios existen una variedad de estrategias reproductivas, entre las que se encuentra la viviparidad presente en rajiformes (Wourms, 1977). *R. leucorhynchus* es una especie con viviparidad aplacentada (Payán, 2006), el desarrollo embrionario se realiza dentro del cuerpo de la madre. El embrión se alimenta de vitelo y también puede recibir alimento por parte de la madre, sin que exista una conexión directa con ella (Worms, 1977). Cada embrión presenta un saco vitelino en el abdomen, el cual se va absorbiendo conforme el organismo se desarrolla hasta la etapa de nacimiento.

La fecundidad de *R. leucorhynchus* es de 1 a 4 embriones por hembra. Esto refleja una fecundidad menor a la reportada para la especie en el Pacífico colombiano, donde Payán *et al.* (2011) reportan entre 1 y 6 embriones por hembra. Lo anterior podría deberse a que en el Pacífico colombiano la hembra de talla máxima (73.5 cm de *Lt*) es la que tenía 6 embriones, lo que indica una dependencia de la fecundidad con la talla materna encontrada para la especie. Esta dependencia de la fecundidad con la talla materna ha sido reportado en otras especies como *R. horkelli*, *R. annulatus*, y *R. productus* (Lessa *et al.* 1986; Villavicencio-Garayzar, 1993; Webin y Shuyuan, 1993; Márquez-Farías, 2007). Los valores de fecundidad (1 a 4 embriones) para la guitarra trompa blanca en el Golfo de Tehuantepec, son menores a los reportados para otras especies de la misma familia, como *R. productus* (2 a 10 embriones) (Downton-Hoffman, 2001; Márquez-Farías, 2007), y similar a la reportada para *R. cemiculus* (2 a 4) (Valadou *et al.* 2006). Las hembras grávidas presentan ovocitos

en los ovarios, lo que sugiere que una vez que los embriones nacen, las hembras tienen capacidad de iniciar su ciclo reproductivo. Esto ha sido reportado por otros autores para el mismo género como *R. horkelli*, *R. annulatus* y *R. productus*, en las cuales de manera simultánea se lleva a cabo el desarrollo de los embriones y de los ovocitos para la siguiente progenie. En *R. productus* después del nacimiento de los neonatos se lleva a cabo la fecundación de los ovocitos (Villavicencio-Garayzar, 1995).

#### **VI.5. Agrupaciones por sexo y estado de madurez**

La colecta del mes de diciembre de 2009, refleja una dominancia de hembras y machos juveniles (HI y MI), así como machos en maduración (MEM) a través de la costa del Mar Muerto hasta Chantuto-Panzacola. Este mes coincide con la época de secas y la presencia de vientos tehuanos en el Golfo de Tehuantepec. Durante los meses de diciembre a marzo se producen vientos más intensos en esta zona, lo que afecta la capa de mezcla ( $\approx 20-70$  m) frente a la Laguna Superior e Inferior y Mar Muerto (Trasviña y Barton 1997). Las agrupaciones de juveniles (hembras y machos) están asociadas a fondos arenosos y aguas someras (Mar Muerto y de Barra de Tonalá a Puerto Chiapas) (Bianchi, 1991). Lo anterior se asocia a los cuerpos de agua de tipo continental que presentan las zonas antes mencionadas. Las mayores densidades y biomásas aumentaron hacia el sureste, esto también refuerza lo mencionado por Tapia-García (1998) y Torres-Huerta (2012), que en la parte sur se presentan los mayores afluentes de procedencia continental. La mayor productividad se observa en Mar Muerto, y Barra de Tonalá a partir del mes de octubre hasta abril, con valores máximos durante diciembre. Mientras que en el sureste del Golfo (de La Joya-Buena Vista a Puerto Chiapas) la productividad está presente durante casi todo el año, ya que está bajo la influencia de la Corriente Costera de Costa Rica y de la productividad generada en el Golfo del Papagayo, durante el verano e invierno respectivamente (Ortega-García *et al.* 2000). También cabe mencionar, que la parte de la costa oriental existe baja variabilidad por lo que la corriente costera se ve menos afectada por el viento, por lo cual sus aguas son más cálidas (Barton *et al.* 1993, Barton *et al.* 2009



y Velázquez-Muñoz *et al.* 2011). También ambas áreas al estar espacialmente cercanas se encuentran expuestas a fluctuaciones estacionales, como lo son la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la capa superficial del mar (50 m); debido a la presencia de los vientos Tehuanos, el ciclo anual de radiación y circulación costera (Trasviña y Barton, 1997; Tapia-García *et al.* 2007). Por lo que se observa que *R. leucorhynchus* está ampliamente distribuida en las zonas someras del Golfo de Tehuantepec, desde el Mar Muerto hasta Puerto Chiapas, con mayores valores en la zona costera de Chiapas. Lo anterior, también ha sido reportado por Tapia-García (1998) para otras especies de ictiofauna durante la presencia de vientos tehuanos, y Gamboa-Contreras y Tapia-García (1998) observan el mismo patrón en invertebrados y Färber-Lorda *et al.* 2004 reportan un aumento de la productividad de fitoplancton.

En el mes de marzo se observan hembras y machos juveniles (HI y MI), hembras y machos en maduración (HEM y MEM) y hembras adultas (HM), que se concentran en la zona de Barra Tonalá y Santa Cruz, en la costa de Chiapas. Esto puede ser debido a que en los meses de febrero a marzo los vientos tehuanos se debilitan, provocando remolinos ciclónicos y anticiclónicos (Flores-Vidal, 2011) lo que incrementa la biomasa de zooplancton (Ayala-Duval *et al.* 1996; Gallegos-García y Barberán-Falcón, 1998). El aporte de materia orgánica al sistema bentónico probablemente estimula el incremento de la presencia de la guitarra trompa blanca que se observa durante en marzo en una zona costera restringida del Golfo de Tehuantepec. Siendo la zona del norte de Chiapas donde se ven las mayores concentraciones de *R. leucorhynchus*. Los organismos más costeros, se encuentran cercanos a los aportes de nutrientes provenientes de la parte continental donde obtienen alimento. Sin embargo, en este caso, el aporte proviene de un afloramiento costero de aguas profundas, frías y ricas en nutrientes generados por los vientos Tehuanos, y no por escorrentía local. En el mes de marzo disminuye la temperatura, y por lo tanto la concentración de oxígeno disuelto (Martínez-Muñoz, 2012). Tapia-García (1998), Tapia-García *et al.* (1994), Acal y Arias (1990) reportan altas densidades de peces demersales durante marzo, mientras que Gambo-Contreras y Tapia-García

(1998) reportan las mayores densidades de invertebrados frente a Mar Muerto en este mes, y es donde se encuentran hembras en maduración y hembras maduras de la guitarra trompa blanca. Mientras que en la costa norte chiapaneca (Barra de Tonalá a Santa Cruz), se registran hembras y machos juveniles (HI y MI) y machos en maduración (MEM), donde la temperatura, profundidad, sedimentos y las aguas enriquecidas por el proceso de mezcla son las variables que determinan la distribución de la guitarra trompa blanca cuando los vientos del Norte junto con la temperatura disminuyen, pero la biomasa de zooplancton se incrementa (Ayala-Duval *et al.* 1996; Gallegos-García y Barberán-Falcón, 1998).

En el mes de junio se tiene la menor densidad y biomasa de la raya trompa blanca. Las hembras y machos inmaduros (HI y MI), hembras y machos en maduración (HEM y MEM), hembras y machos maduros (HM y MM), están entre Barra Tonalá y Santa Cruz. Lo cual podría deberse a que la región en los meses de junio a agosto se caracteriza por vientos suaves a excepción de las tormentas tropicales. Las tormentas tropicales causan una mezcla vertical con aporte de nutrientes a la capa eufótica, lo cual hace que aumente de manera eventual la biomasa fitoplanctónica superficial por lo cual las aguas tienden a ser oligotróficas (Lluch-Cota *et al.* 1997 y Blackburn, 1962). Con la llegada de las lluvias, la concentración de oxígeno disuelto promedio se incrementa a 50 m de profundidad y disminuye la concentración de nutrientes en aguas superficiales (Tapia-García *et al.* 2007). A partir de los meses de mayo y junio la temperatura comienza a aumentar, lo que hace que los organismos se redistribuyan a las zonas que poco a poco van aumentando de temperatura (Tapia-García, 1998 y Martínez-Muñoz, 2012). Ya que las rayas tienen una limitación espacial por la temperatura. El segundo factor puede deberse a los aportes de nutrientes provenientes de los cuerpos de agua de tipo continental, ya que en junio ya se está en época de lluvias. Tapia-García (1998) y Torres-Huerta (2012), mencionan que en la parte sur se presentan los mayores afluentes de procedencia continental. Por lo que se observa que la especie se redistribuye a lo largo de la costa chiapaneca.

## VI.6. Áreas de crianza

En el mes de diciembre se observan hembras grávidas y neonatos, fue el único mes en el cual se presentan juntos en la plataforma continental oaxaqueña y chiapaneca. Por lo que este mes puede ser en el cual las hembras estén usando las zonas cercanas a la costa para dar a luz a sus crías. El uso de esta zona puede ser para que el éxito de la población sea mayor en la supervivencia en la fase juvenil (Yokota y Lessa, 2006). Debido a que de noviembre a marzo se forman surgencias originadas por los “tehuanos” que traen un incremento en la productividad biológica de la región (Morales de la Garza, 1990; Ortega-García *et al.* 2000). Para el mes de diciembre en específico, en el Golfo de Tehuantepec hay una mayor circulación costera, fuerte mezcla vertical por viento perpendicular a la costa, mayor oxígeno disuelto y la temperatura en este mes es más cálida que en enero y febrero. Lo que pudiera hacer que la especie aproveche estas condiciones para que sus crías se adapten, reduzcan la depredación sobre juveniles y tengan una mayor probabilidad de encontrar alimento en los primeros días de vida libre (Branstetter, 1990; Wetherbee *et al.* 1990; Castro, 1993; Villavicencio-Garayzar, 1993; Tapia-García *et al.*, 2007; Damalas *et al.*, 2009; Torres-Huerta, 2012).

Las hembras grávidas y neonatos se presentaron frente a las lagunas de Mar Muerto en Oaxaca, además de en Barra de Tonalá, La Joya-Buena Vista, Santa Cruz, y laguna Chantuto-Panzacola en Chiapas. Por lo que, al observarse el aumento de hembras y neonatos al sur del Golfo de Tehuantepec, indica una sincronización tanto del desarrollo embrionario con los ciclos de reproducción y temperatura, lo que ha sido reportado para otras especies del género, como en *R. productos* (Villavicencio-Garayzar, 1995). Lo que también hace suponer que Mar Muerto, Barra de Tonalá, La Joya-Buena Vista, Santa Cruz y Chantuto-Panzacola; en la costa de Chiapas funcionan como un áreas de crianza de la especie. Esto concuerda por lo observado en otras especies de elasmobranquios, como lo mencionan Peña-Vargas (2010); Carrera-Fernández (2011); quienes reportan que *Sphyrna lewini*, usa la costa de Salina Cruz, Oaxaca y laguna de Chantuto-Panzacola,

Chiapas, como área de crianza. Carrera-Fernández (2011), propone que durante el verano-otoño el Golfo de Tehuantepec es un área de crianza primaria. Ya que convergen hembras grávidas, con embriones terminales, además de la presencia de neonatos, patrón que se repitió al menos tres años. Torres- Huerta (2012), menciona que algunas especies de rayas del género *Urotrygon*, usan el Golfo de Tehuantepec como zona de crianza y/o nacimiento.

Autores como Castro (1993) y Damalas *et al.* (2009); mencionan que el factor de alimentación es importante, ya que las zonas costeras someras son ricas en energía. Así como los estuarios, pantanos y bahías se encuentra disponible alimento en abundancia. Lo anterior, junto con los estudios de alimentación que realizaron Payán *et al.* (2011), quienes mencionan que la alimentación de *R. leucorhynchus* está basada principalmente en camarones. Y con base en este estudio, donde el mes de diciembre el recurso camarón se encontró en aguas someras. Al igual que una temperatura cálida hacen que esta época sea propicia para dar lugar a la época reproductiva y se sugiere que esta zona es un área de crianza durante noviembre-enero.

Con la información registrada para la raya trompa blanca, se puede suponer que la zona es un área de crianza primaria en el mes de diciembre, esto por encontrarse hembras grávidas y neonatos. De igual manera, también se encontraron juveniles cercanos al tamaño de madurez de *R. leucorhynchus*, lo que indica el uso de aguas de 10 a 20 metros de profundidad puede ser usado como un área de crianza secundaria. Por lo que el Golfo de Tehuantepec puede ser un área de crianza primaria y secundaria para la especie.

Cabe mencionar, que es importante verificar lo anterior, ya que el concepto de áreas de crianza ha sido ampliamente utilizado. La literatura carece de criterios claros para identificar un área de crianza, por lo que es imposible determinar sistemáticamente la presencia de estas regiones. La importancia de la identificación de estas áreas ha aumentado en las últimas décadas con la disminución de las poblaciones de elasmobranquios, por lo que se necesitan medidas de gestión o de conservación (Heupel *et al.* 2007). Por lo que se tienen que realizar más estudios en la zona, ya

que no solo la presencia de hembras grávidas y presencia de neonatos es suficiente para determinar un área de crianza (Castro 1993, Heupel *et al.* 2007).

En algunos casos, las regiones se etiquetan como áreas de crianza, debido simplemente a la presencia de unos pocos elasmobranquios juveniles. Lo que amenaza con socavar la importancia de proteger los hábitats esenciales de peces (EFH, siglas en inglés) (Heupel *et al.* 2007). Por lo cual el concepto de área de crianza puede ser difícil de aplicar.

Sin embargo, la raya trompa blanca cumple con los criterios que propone Heupel *et al.* (2007), para que se defina como una área de crianza la zona costera Chiapaneca. Aunque, se hace énfasis en que se tienen que realizar más estudios en el área para corroborar la información aquí expuesta. Los criterios son tres: 1) los elasmobranquios deben encontrarse con mayor frecuencia en la zona que en otras. 2) los elasmobranquios tienen tendencia a permanecer o regresar por períodos prolongados, y 3) el área o hábitat se utiliza en varias ocasiones a través de años. Se puede sugerir que la raya trompa blanca cumple parcialmente estos tres criterios.

En general las zonas de crianza que se sugieren para *R. leucorhynchus* están ubicadas en zonas de alta productividad biológica y por lo tanto son susceptibles a las perturbaciones causadas por el aumento de las actividades de pesca.

## VII. CONCLUSIONES

- *R. leucorhynchus*, es una especie poco abundante pero frecuente en los arrastres camaroneros que se lleva a cabo en la zona del Golfo de Tehuantepec.
- Las mayor biomasa y densidad se presenta en organismos juveniles tanto hembras como machos de la raya trompa blanca.
- La distribución de tallas de machos estuvo representada por tallas menores a los 34 cm *Lt*, mientras que para hembras las modas fueron mayores (34 y 44 cm *Lt*).
- En *R. leucorhynchus* la captura de juveniles es mayor a la de los adultos, van de talla pequeña hasta mediana (desde que nacen hasta tallas adultas a excepción de machos).
- Las hembras alcanzan un mayor peso y talla a diferencia de los machos, lo cual se puede asociar a la reproducción y preñez.
- La fecundidad de la especie es de 1 a 4 embriones, y la época de reproducción probable es el mes de diciembre-enero.
- Se sugiere que el Golfo de Tehuantepec es un área de crianza en la época de secas para la raya trompa blanca.
- Probablemente después de la época de alumbramiento las hembras pueden llevar a cabo la fecundación inmediatamente, ya que el desarrollo de los ovocitos se lleva de manera conjunta con el desarrollo de los embriones.

## VIII. REFERENCIAS

- Acal, D. E. y A. Arias.** 1990. Evaluación de los recursos demerso-pelágicos vulnerables a redes de arrastre de fondo en el sur del Pacífico de México. *Ciencias Marinas*. **16**: 93-129.
- Aceró, P., M. Grijalba-Bendeck, Moreno F. y González K. Acevedo y E.** 2008. Histología comparada del sistema reproductivo de cuatro especies de rayas caribeñas (Chondrichthyes: Batoidea). *Revista Académica Colombiana Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. **32**: 581-596.
- Allen, G. R. y D. R. Robertson.** 1994. Fishes of the tropical eastern Pacific. Universidad de Hawaii, Honolulu. 321 pp.
- Amezcuá-Linares, F.** 1996. Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, México, D. F. 425 pp.
- Applegate, S. P., F. Soltelo-Macías y L. Espinosa-Arrubarrena.** 1993. An overview of mexican shark fisheries, with suggestions for shark conservation in Mexico. NOAA Technical Report NMFS. **115**:31-37.
- Arreguín-Sánchez, F., E. Arcos y E. A. Chávez.** 2002. Flows of biomass and structure in an exploited benthic ecosystem in the Gulf of California, Mexico. *Ecological Modelling*. **156**:167-183.
- Ayala-Duval, E., M. C. Maldonado-Monroy, J. A. Becerril-Martínez, D. T. García-Tamayo y C. Juárez-Ortiz.** 1996. Spatial and temporal distribution of zooplankton biomass in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Pacific Science*. **50**: 415-426.
- Balmori-Ramírez, A., J. M. García-Caudillo, D. Aguilar-Ramírez, J. R. Torres-Jiménez y E. Miranda-Mier.** 2003. Evaluación de dispositivos excluidores de peces en redes de arrastre camaroneras en el golfo de California, México. SAGARPA, INP, CIMEX. Dictamen Técnico. 21 pp.
- Barton, E. D., M. F. Lavín y A. Trasviña.** 2009. Coastal circulation and hydrography in the Gulf of Tehuantepec, Mexico, during Winter. *Continental Shelf Research*. **29**: 485-500.
- Barton, E. D., M. L. Argote, J. Brown, P. M. Kosro, M. Lavín, J. M. Robles, R. L. Smith, A. Trasviña y H. S. Vélez.** 1993. Supersquirt: Dynamics of the Gulf of Tehuantepec, México. *Oceanography*. - 1993. **6**: 23-30.
- Baum, K. J., R. A. Myers, D. G. Kehler, B. Worm, S. J. Harley y P. A. Doherty.** 2003. Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. *Science*. **299**.
- Bianchi, G.** 1991. Demersal assemblages of the continental shelf and slope edge between the Gulf of Tehuantepec (Mexico) and the Gulf of Papagayo (Costa Rica). *Marine Ecology Progress Series*. **73**: 121-140.
- Bizarro, J. J.** 2013. Rhinobatos leucorhynchus. IUCN Red List of Threatened Species. Consultado: 24 de septiembre de 2013. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).

- Blackburn, M.** 1962. An oceanographic study of the Gulf of Tehuantepec. US Fish and wildlife service: *Special Scientific Report Fisheries*. **404**: 28.
- Bojorquez, L. F.** 1998. Bycatch utilization in Mexico. Report and Proceeding on the FAO/DFID Expert Consultation on Bycatch Utilization in Tropical Fisheries . Roma, FAO.
- Bozzano, A. y F. Sardá.** 2002. Fishery discard consumption rate and scavenging activity in the northwestern Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Science*. **59**: 15-28.
- Brander, K. M.** 1981. Disappearance of common skate *Dipturus batis* from the Irish Sea. *Nature*. **290**: 48-49.
- Branstetter, S.** 1990. Early life-history implications of selected carcharinoid and lamnoid sharks of the northwest Atlantic. *NOAA Technical Reports National Marine Fisheries Service*. **90**:17-38.
- Capapé, C. y J. Zaouali.** 1994. Distribution and reproductive biology of the Blackchin guitarfish, *Rhinobatos cemiculus* (Pisces: Rhinobatidae), in Tunisian Waters (Central Mediterranean). *Australian Journal of Marine & Freshwater Research*. **45**: 551-561.
- Carranza-Edwards, A., E. Morales-De La Garza y L. Rosales-Hoz.** 1998. Tectónica, sedimentología y geoquímica . El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. (Ed) Tapia-García M. México, UAM-Iztapalapa.
- Carrera-Fernández, M.** 2011. Parámetros reproductivos de los tiburones piloto (*Carcharhinus falciformis*), martillo (*Sphyrna lewini*) y azul (*Prionace glauca*) en el Pacífico Mexicano. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN. 120 pp.
- Casey, J. M. y R. A. Myers.** 1998. Diel variation in trawl catchability: is it as clear as day and night?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **55**: 2329-2340.
- Castro, J. I.** 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the the southeastern coast of the United States. *Environmental Biology Fishes*. **38**: 37-48.
- Castro-Aguirre, J. L. y H. Espinoza-Pérez.** 1996. Listados Faunísticos de México, VII. Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideomorpha). México : Instituto de Biología, UNAM. 75 pp.
- Clark, E. y K. von Schmidt.** 1965. Sharks of central gulf coast of Florida. *Bulletin of Marine Science*. **15**: 13-83.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick.** 2001. Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. PRIMER-E: Plymouth, 2a edición.
- Compagno, L. J. V., F. Krupp y W. Schneider.** 1995. Tiburones. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. II. (Ed) Fischer F. Krupp
- Cortés, E.** 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal Marine Science*. **56**: 707-717.



- Damalas, D., S. Katsanevakis, C. D. Maravelias, A. P. Karageorgis, C. Anagnostou, E. Tsitsika y C. Papaconstantinou.** 2009. Habitat preferences and spatio temporal distribution of four benthic skates in the eastern Mediterranean Sea [9th Symposium on Oceanography & Fisheries]. 6 pp.
- Downton-Hoffmann, C. A.** 2007. Biología del pez guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856), en Baja California Sur, México. Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas. INP-CICIMAR. 215 pp.
- Ebert, D. A.** 2005. Reproductive biology of skates, *Bathyraja* (Ishiyama) along the eastern Bering Sea continental slope. *Journal of Fish Biology.* **66**: 618-649.
- Färber-Lorda, J. M. F., M. A. Lavín-Zapatero y M. A. Guerrero-Ruiz.** 2004. Effects of wind forcing on the trophic conditions, zooplankton biomass and krill biochemical composition in the Gulf of Tehuantepec. *Deep-Sea Research.* **51**: 601-614.
- Flores-Vidal, X.** 2011. Dinámica costera del golfo de Tehuantepec y su interacción con el Pacífico Tropical Oriental. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Baja California.
- Font-Chávez, L., R. Sánchez y E. Valdés.** 2005. Uso de aditamentos de escape de peces en redes camaroneras gemelas en la empresa pesquera industrial de Santa Cruz del Sur. Resultados preliminares. 9 pp.
- Fox, J.** 1990. Describing univariate distributions. Modern Methods of Data Analysis. (Ed) Long Fox J. y J.S. Newbury Park CA, EUA : Sage publications.
- Gallegos-García, A. y J. Barberán-Falcón.** 1998. Surgencia eólica. Ciencia y Desarrollo. CONACYT. **43**: 45-51.
- Gamboa-Contreras, J. A. y M. Tapia-García.** 1998. Invertebrados bentónicos de la plataforma continental interna. El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos.(Ed) Tapia-García M.. México : UAM- Iztapalapa.
- García, E.** 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen, para adaptarlo a la República Mexicana. Instituto de Geografía. UNAM. México . 213 pp.
- García-Caudillo, J. M., M. A. Cisneros-Mata y A. Balmori.** 2000. Performance of a bycatch reduction device in the shrimp fishery of the Gulf of California, Mexico. *Biological Conservation.* **92**: 199-205.
- Grijalba-Bendeck, L. M., A. Acero y E. González.** 2008. Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1972) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía.* **43**: 469-481.
- Hamlett, W. C.** 2005. Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes. *Science Publisher.* USA . 562 pp.
- Heupel, M. R., J. K. Carlson, C. A. Simpfendorfer.** 2007. Shark nursery areas: concepts, definition, characterization and assumptions. *Marine Ecology Progress Series.* **337**: 287-297.

- Hickman, C. P., Roberts L. S. y Parson A.** 2000. Principios Integrales de Zoología. México, McGraw-Hill Interamericana. 921 pp.
- Holden, M. J.** 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *Sea Fisheries Research Dynamics*. (Ed) Hardin-Jones F. Wiley and Sons.
- Ismen, A.** 2003. Age, growth, reproduction and food of common stingray (*Dasyatis pastinaca* L., 1758) in Iskenderun Bay, the eastern Mediterranean. *Fisheries Research*. **60**: 169-176.
- Ismen, A., C. Yigin y P. Ismen.** 2007. Age, growth, reproductive biology and feed of the common guitarfish (*Rhinobatos rhinobatos* Linnaeus, 1758) in Iskenderun Bay, the eastern Mediterranean. *Sea Fisheries Research*. **84**: 263-269.
- Kelleher, K.** 2008. Descartes en la pesa de captura marina mundial. Documento Técnico de Pesca. FAO. **470**: 1-147.
- Klimley, A. P.** 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. *Environmental Biology of Fishes*. **18**: 27-40.
- Lavín, M. F., J.M. Robles, M. L. Argote, E. D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Koero, A. Trasviña, H.S. Vélez y J. García.** 1992. Física del golfo de Tehuantepec. *Ciencia y Desarrollo*. **18**: 97-108.
- Lessa, R. P., C. M. Vooren y J. Lahaye.** 1986. Desenvolvimento e ciclo sexual das fêmeas, migrações e fecundidade da Viola *Rhinobatos horkelli* (Müller and Henle, 1841) do Sul do Brasil. *Atlântica*. **8**: 5-34.
- Liu, K. M., C. T.Chen y Joung. T. H. Liao y S. J.** 1999. Age, growth, and reproduction of the pelagic thresher shark, *Alopias pelagicus* in the Northwestern. *Copeia*. **1**: 68-74.
- Lluch-Cota, S. E., S. Álvarez-Borrogo, E. Santamaría-Del-Ángel, F. Müllen-Karger y S. Hernández-Vásquez.** 1997. El Golfo de Tehuantepec y áreas adyacentes: variación espacio temporal de pigmentos fotosintéticos derivados de satélite. *Ciencias Marinas*. **23**: 329-340.
- Máquez-Farías, J. F.** 2007. Reproductive biology of shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* from the eastern Gulf of California, México. *Marine Biology*. **151**: 1145-1454.
- Márquez-Farías, J. F.** 2011. Evaluación del impacto de las redes agalleras en la estructura de la población de la guitarra común *Rhinobatos productus* del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*. **37**: 293-304.
- Martin, L. K. y G. M. Cailliet.** 1998. Aspects of the reproduction of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Central California. *Copeia*. **3**: 754-762.
- Martin, R. A.** 2005. Conservation of freshwater and euryhaline elasmobranchs: a review. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. **85**: 1049-1073.
- Martínez-Muñoz, M. A.** 2012. Estructura y distribución de la comunidad íctica acompañante en la pesca del camarón (golfo de Tehuantepec. Pacífico Oriental, México). Tesis doctoral, Universidad de Barcelona.

- McCune, B. y J. B. Grace.** 2002. Analysis of Ecological Communities. EUA. 300 pp.
- McEachran, J. D. y G. Norbatolo di Siara.** 1995. Peces batoideos. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. (Ed) Fischer W. [et al.]. - Roma, FAO. Vol. 2.
- McEachran, J. D. y N. Aschliman.** 2004. Phylogeny of batoidea. Biology of Sharks and their Relatives. (Ed) Carrier J. C., J. A. Musick y M. R. Heithaus. Boca Ranton F. L. CRC Press.
- McEacrah, J. D.** 1995. Rhinobatidae. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. (Ed) Fischer W., W. Schneider, Sommer C. y Niem K. E. Carpenter y V. H. Roma, FAO. Vol. II. Vertebrados-Parte 1.
- Morales-de la Garza, E. A.** 1990. Estudio de sedimentos fosfatados en el golfo de Tehuantepec, México. Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Natanson, L. y G. M. Cailliet.** 1986. Reproduction and development of the Pacific Angel shark, *Squatina California*, off Santa Barbara, California. *Copeia*. **4**: 987-994.
- Navia, A. F.** 2002. Aspectos de la biología de los elasmobranquios capturados como fauna acompañante del camarón en aguas someras del Pacífico colombiano. Tesis de grado. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Cali-Colombia. 95 pp.
- Neer, J. A. y B. A. Thompson.** 2005. Life history of the cow nose ray, *Rhinoptera bonasus*, in the northern Gulf of Mexico, with comments on geographic variability in life history traits. *Environmental Biology of Fishes*. **73**: 321-331.
- Nelson, J. S.** 2006. Fishes of the World. E. U. A, John Wiley y Sons. 622 pp.
- Ortega-García, S., J. A. Trigueros-Salmerón, R. Rodríguez-Sánchez, S. Lluch-Cota y H. Villalobos.** 2000. El Golfo de Tehuantepec como un centro de actividad biológica y su importancia en las pesquerías. (Ed) Lluch-Belda J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz. - México : CIB, CICIMAR y CONACYT.
- Pauly, D.** 1980. A selection of simple methods for assessment of tropical fish stocks. FAO Fish.Circ.Issued also in Frech.Superseded by FAO Fish.Tech.Pap. **729**: 1-54.
- Payán, L. F., A. F. Navia, E. A. Rubio y P. A. Mejía-Falla.** 2011. Biología de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Günther, 1867) (Rajiformes: Rhinobatidae) en el Pacífico colombiano. *Latin American Journal of Aquatic Research*. **39**: 286-296.
- Peña-Vargas, V.** 2010. Hábitos alimentarios de juveniles de la cornuda común *Sphyna lewini* Griffith y Smith, 1834 en la Costa de Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. UMAR. 77 pp.
- Polo-Silva, C. J. y L. M. Grijalba-Bendeck.** 2008. Espectro trófico de la raya guitarra *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1972) (Elasmobranchii: Rhinabatidae) en Santa Marta, Caribe Colombia. *Revista Memoria de la Fundación. La Salle Ciencias Naturales*. **68**: 21-33.
- Prado, J. y P. Y. Dremiere.** 1988. Guía de bolsillo del pescador. Barcelona, FAO.

- Pratt, H. L.** 1988. Elasmobranch gonad structure: A description and survey. *Copeia*. **3**: 719-729.
- Robertson, D. R. y G. R. Allen.** 2008. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: Sistema de información en línea . Versión 1.0. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- Robertson, D. R. y G. R. Allen** Peces costeros del Pacífico oriental tropical: Un sistema de información. *Fishery Bulletin. República de Panamá*. **61**: 1-38 pp.
- Rodríguez-De la Cruz, M. C. y E. A. Chávez.** 1996. La pesquería de camarón en alta mar. Pacífico de México. Pequerías relevantes de México. XXX Aniversario del IPN. Tomo I. México, Dir. del Anal. de Pesq. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAT.
- Roof, D. A.** 2006. Introduction to Computer-Intensive Methods of Data Anaysis in Biology. Nueva York, EUA, Cambridge University Press. 368 pp.
- SAGARPA.** 2006. Carta Nacional Pesquera. México. Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección, Anexo C. 14 pp. Viernes 25 de agosto.
- Salgado-Ugarte, I. H y Peña-Mendoza J. L. Gómez-Márquez y B.** 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. México, D. F. UNAM, 2005. 240 pp.
- Seck, A. A., Y. Diatta, M. Diop. O. Guélorget, C. Reynaud y C. Capapé.** Observations on the reproductive biology of the blackchin guitarfish, *Rhinobatos cemiculus* E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1817 (Chondrichthyes, Rhinobatidae) from the coast of Senegal (Eastern Tropical Atlantic). *SCIENTIA Gerundensis*. **27**: 19-30.
- Silverman, B. W.** 1986. Density estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman y Hall Londres.
- Smith, W. D., J. J. Bizzarro y G. M. Cailliet.** 2009. La pesca artesanal de elasmobranquios en la costa oriental de Baja California, México; Características y consideraciones de manejo. *Ciencias Marinas*. **35**: 209-236.
- Soler, G. M.** 2006. Técnicas para la observación y conteo de bandas vertebrales y estimación de edad y crecimiento de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Pisces: Elasmobranchii). Tesis de licenciatura. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Santiago de Cali, Colombia.
- Sparre, P.y S. C. Venema** 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I, FAO Documento Técnico de Pesca. 420 pp.
- Springer, S.** 1967. Social organization of shark populations. Sharks, Skates and Rays. (Ed) Gilbert P. W. R. F. Mathewson y D. P. Rall. Baltimore, Maryland, Johns Hopkins University.
- StataCorp.** 2009. Stata:Release 11. Statistical Software. College Station, TX. StataCorp LP.
- Stevens, J. D., R. Bonfil, N. K. Walker y P. A. Dulvy.** 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimeras (Chondrichthyes), and the implications for marine ecosystems. *CES Journal of Marine Science*. **57**: 476-494.

- Stobuzki, I. C., M. J. Miller y J. P. Salini.** 2001. Bycatch diversity and variation in a tropical Australian penaeid fishery; the implications for monitoring. *Fisheries Research*. **53**: 283-301.
- Tapia-García, M.** 1998. Evaluación ecológica de la ictiofauna demersal. El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. México, UAM-Iztapalapa.
- Tapia-García, M. y M. C. García-Abad.** 1998. Los peces acompañantes del camarón y su potencial como recurso en las costas de Oaxaca y Chiapas. El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. (Ed) Tapia-García M. México, UAM-Iztapalapa.
- Tapia-García, M., M. C. García-Abad, A. Carranza-Edwards y F. Vázquez-Gutiérrez.** 2007. Environmental characterization of the continental shelf of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Geofísica Internacional*. **46**: 249-260.
- Texeira, R. P.** 1982. Biologie et dynamique des populations *Rhinobatos horkelli* (Muller & Henle, 1841) du plateau continental du Rio Grande Du Sul (Brasil). These du Doctorat de specialite en Oceanografie. Universite de Bretagne Occidentale. 234 pp.
- Torres-Bustos, E. A.** 2008. Hábitos alimentarios y ecología trófica de la raya espinosa *Urotrygon rogersi* en el Pacífico Vallecaucano, Colombia. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias.
- Torres-Huerta, A. M.** 2012. Peces batoideos de la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. HJ031. Instituto de Recursos. México, D. F.
- Trasviña, A. y E. D. Barton.** 1997. Los “Nortes” del golfo de Tehuantepec: la circulación costera inducida por el viento. *Unión geofísica mexicana* . **3**: 25-46.
- Valadou, B., J. C. Brethes y C. A. O. Inejih.** 2006. Observations biologiques sur cingespèces d'Élasmobranches du Parc National du Banc d'Arguin (Mauritanie). *Cybium*. **30**: 313-322.
- Velázquez-Muñoz, F. A., J. A. Martínez, C. Chavanne, R. Durazo y P. Flament.** 2011. Wind-driven coastal circulation in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Ciencias Marinas*. **37**: 443-456.
- Villavicencio-Garayzar, C.** 1993. Biología reproductiva de *Rhinobatos productus* (Pisces: *Rhinobatidae*), en Bahía Almejas, B. C. S. México. *Revista de Biología Tropical*. **41**: 777-782.
- Wearmouth, V. J y D. W. Sims.** 2010. Sexual segregation in elasmobranchs. *Biology Marine Mediterranean*. **17**: 236-239.
- Webin, Z. y Shuyuan.** 1993. Reproductive biology of the guitarfish, *Rhinobatos hynnicephalus*. *Environmental Biology of Fishes*. **38**: 81-93.
- Wetherbee, B. M., S. Gruber y E. Cortés.** 1990. Diet, feeding habits, digestion and consumption in sharks, with special references to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries. (Ed) H. Pratt S. Gruber and T. Taniuchi. Technical Report. Vol. 90. NOAA.
- Wourms, J. P.** 1977. Reproduction and development in Chondrichthyan Fishes. *American Zoologist*. **17**: 379-410.

**Yáñez-Arancibia, A. y Sánchez-Gil, P.** 1988. Ecología de los recursos demersales marinos: Fundamentos en costas tropicales. AGT, México, D. F. 228 pp.

**Yokota, L. y Lessa R. P.** 2006. A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*. **75**: 349-360.

**Zar, J. H.** 2006. Biostatistical Analysis. EUA, Pretince Hall. Tercera edición. 662 pp.