



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**“BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA RAYA GUITARRA DEL
ATLÁNTICO *Pseudobatos lentiginosus* (GARMAN, 1880)
(RHINOPRISTIFORMES: RHINOBATIDAE) DE LA COSTA SUR
DE VERACRUZ”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A

**MARIO ALBERTO GONZÁLEZ
MALVÁEZ**



Director de tesis

Dr. Luis Fernando Del Moral Flores

Ciudad de México, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Índice

INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES	7
OBJETIVOS.....	10
MATERIAL Y MÉTODOS	11
RESULTADOS.....	17
Composición de tallas.....	17
Proporción de sexos	17
Talla de primera madurez (T50%).....	19
Índice gonadosomático (IGS)	20
Índice hepatosomático (IHS).....	22
Sistema reproductor en hembras	23
Sistema reproductor en machos.....	29
Relaciones morfométricas	32
Fertilidad.....	35
Fecundidad.....	36
DISCUSIÓN	39
CONCLUSIONES	46



González Malvárez Mario Alberto

AGRADECIMIENTOS



González Malvárez Mario Alberto

RESUMEN

La raya guitarra del Atlántico, *Pseudobatos lentiginosus*, es endémica del Atlántico occidental, tiene importancia pesquera al aprovecharse por las comunidades ribereñas tanto para el consumo humano como para la elaboración de artesanías. Existen muy pocos trabajos que aborden sus aspectos biológicos y ecológicos, por lo que es importante realizar estudios haciendo un énfasis en su biología reproductiva, ya que nos permitiría generar conocimiento base sobre su aprovechamiento y conservación. Es por ello que la presente disertación profesional tiene como objetivo general contribuir al conocimiento de la biología reproductiva de *P. lentiginosus* de la costa sur de Veracruz. Se obtuvieron 352 ejemplares, los cuales fueron colectados a través de la pesca ribereña que se practica en las cercanías de Antón Lizardo y Alvarado, Veracruz. Para ello se realizaron salidas mensuales, durante un periodo anual, de julio 2017 a julio 2018. A cada ejemplar, se les tomaron los datos morfométricos (longitud total, longitud de mixopterigios, ancho del disco); además del sexo, peso total, peso del hígado; peso del testículo, diámetro de los testículos, peso del ovario, diámetro del ovario, peso de las glándulas oviductales, estadio de madurez, fertilidad y fecundidad. Se extrajeron las gónadas y se conservaron en formaldehído al 10% para su posterior análisis. La proporción de sexos se determinó tomando en cuenta el número total de organismos de ambos sexos, luego se dividió el número total de hembras entre el número total de machos, se comprobó si había una diferencia significativa mediante una prueba de χ^2 . La talla de primera madurez se determinó cuando la población alcanzó el 50% de organismos maduros. Las hembras tuvieron un intervalo de talla entre 26.3 y 77.5 cm de LT y para los machos, entre 29.2 a 61 cm de LT. De manera general, la clase de talla con el mayor número de ejemplares fue de 51 a 60 cm (123 organismos). La proporción hembras machos fue de 1.01H: 0.80 M, siendo las hembras las que predominan en la población ($p > 0.05$). El índice gonadosomático (IGS) en hembras mostró el valor más alto durante el mes de abril (5.77 ± 3.18), mientras que el valor más bajo fue durante el mes de junio (1.23 ± 0.09). En los machos, el IGS tuvo el valor más alto durante abril (1.08 ± 0.37), mientras que el valor más bajo fue durante el mes de diciembre (0.34 ± 0.20). El índice hepatosomático (IHS) en hembras mostró el valor más alto durante el mes de febrero (2.21 ± 1.43), y junio presentó el menor (1.23 ± 0.07). La talla de primera madurez sexual ($L_{50\%}$) en hembras y machos correspondió a los 48 y 47 cm respectivamente. Se encontraron tres estadios para las hembras (inmadura, madura y grávida), y dos para machos (inmaduros, maduros). A partir de 99 hembras grávidas, se estimó una puesta en promedio de 1-5 crías. La fertilidad, a partir de 168 hembras, tuvo un promedio de 2 a 8 ovocitos en hembras maduras y de 2 a 11 en hembras grávidas.



González Malvárez Mario Alberto

INTRODUCCIÓN

Los representantes de la clase Chondrichthyes se encuentran entre los grupos más basales de gnatostomados (Compagno., 1999). Son un grupo monofilético que se subdivide taxonómicamente en las subclases Holocephalii (quimeras) y Elasmobranchii (tiburones y rayas). Se distribuyen en todos los océanos, desde la cercanía a la línea de costa, hasta las zonas abisales (Nelson et al., 2016). Son considerados un importante recurso biológico, así como cultural, ecológico, alimenticio, económico y turístico (Del Moral-Flores y Pérez-Ponce de León, 2013). Dentro del territorio mexicano habitan aproximadamente 214 especies de constrictos, de las cuales 111 son tiburones, 8 quimeras y 95 rayas (Del Moral-Flores et al., 2016).

Entre los representantes de los Condrictios, los batoideos tienen un cuerpo muy aplanado, mucho más que los tiburones (seláceos). Las aberturas branquiales se encuentran debajo de las aletas pectorales, mientras que los tiburones las tienen a los lados de la cabeza; como ellos, tienen el esqueleto cartilaginoso. Además, los ojos y los espiráculos están situados en la parte dorsal; los ojos carecen de membrana nictitante. Las mandíbulas pueden proyectarse hacia adelante en la mayoría de las especies; los dientes son aplanados; el morro posee órganos que detectan los campos magnéticos; las aletas pectorales están muy ensanchadas y su ángulo anterior está unido a los lados de la cabeza, por delante de las aberturas branquiales; carecen de aleta anal. Las vértebras anteriores están fusionadas en una estructura llamada sinarcualia (García, 2008).

Las rayas de la familia Rhinobatidae, conocidas mundialmente como rayas guitarra y a nivel local como diablitos, se agrupan en cuatro géneros, tres subgéneros y al menos 48 especies. Están distribuidas en todos los mares tropicales y templados, desde aguas costeras y someras hasta profundidades cercanas a los 370 m (Compagno, 2005).

Los géneros *Rhinobatos* y *Pseudobatos*, representan parte importante dentro de la captura incidental de numerosas pesquerías en el mundo (Stobutzki et al., 2002; Klippel et al., 2005). Lo que, junto a otras amenazas como la degradación de hábitats y el uso de estos organismos para la



González Malvárez Mario Alberto

elaboración de artesanías (Fowler et al., 2005), ha llevado a que 37 de las 48 especies estén incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés). Las cuales están categorizadas como vulnerables o amenazadas, y solo *Rhinobatos horkelli* como críticamente amenazada (IUCN, 2010).

La reproducción de los condricios es clasificada de acuerdo con el tipo de parición y el modo en que la madre aporta nutrientes a los embriones (Hamlett et al. 2005). De acuerdo con el tipo de parición, los condricios se clasifican en ovíparos y vivíparos. En las especies ovíparas los ovocitos son fecundados, envueltos en cápsulas coriáceas y posteriormente liberados al fondo marino, donde transcurre el desarrollo embrionario. En las especies vivíparas los embriones son retenidos en los úteros, durante el desarrollo hasta su nacimiento (Musick, 2005).

La especie *Pseudobatos lentiginosus* tiene distribución en el Atlántico occidental, desde Carolina del Norte a Yucatán, incluyendo al Golfo de México (McEachran y Fechhelm, 1998). Se reporta que alcanza un tamaño máximo 76 cm de longitud total (LT); es de hábitos bentónicos en aguas costeras, tiene una superficie dorsal gris ceniza a marrón chocolate, con numerosas y pequeñas manchas blancas sobre la mayor parte de la superficie dorsal (Fig. 1); en la superficie ventral tiene un color amarillento pálido y posee tubérculos agrandados dorsalmente en el morro (Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996).



Figura 1. Ejemplar de *Pseudobatos lentiginosus* exhibido en un acuario (Fotografía tomada de [www. Arkive.org](http://www.Arkive.org)).



González Malvárez Mario Alberto

ANTECEDENTES

La micro y macroestructura del sistema reproductivo, en elasmobranchios, ha sido estudiada por Pratt (1988), quien destacó la importancia de estas evaluaciones para esclarecer sus relaciones filogenéticas. Otros trabajos generales, como el de Collonello (2009), estudió la ecología reproductiva de tres batoides: *Atlantoraja castelnaui*, *Rioraja agassizi* y *Zapteryx brevirostris*. En donde muestra las estrategias adaptativas acerca de la reproducción de cada especie, en un escenario de explotación comercial intensiva.

Numerosos estudios, sobre la historia de vida de condriactos, ubican a los Rinobátidos como estrategias k, exhibiendo bajas tasas de crecimiento, maduración sexual tardía, bajas tasas de fertilidad y largos ciclos de vida (Holden y Raitt, 1975).

Con respecto a la familia Rhinobatidae, los estudios que versan sobre aspectos reproductivos son: Grijalba-Bendeck et al. (2008), describen la biología reproductiva de *Pseudobatos percellens*, señalándola como una especie matrotrófica con viviparidad aplacentaria y fertilidad entre 2 y 4 embriones por año. Trabajos relacionados como Payán et al. (2011), estudian la biología de *Pseudobatos leuchorhynchus* en costas colombianas, en el cual reportaron aspectos reproductivos como: proporción de sexos, fertilidad, talla de madurez sexual. Realizaron también relaciones morfométricas como: longitud total – peso y establecieron la talla de primera madurez para las hembras.

El trabajo de Downton-Hoffmann (2001), estudia la biología de *Pseudobatos productus*, en costas de Baja California Sur, en el cual se destacó los parámetros medidos: talla de madurez sexual y proporción de sexos, fecundidad, y la relación respecto a la longitud total de las hembras y el número de embriones.

Curiel-Godoy (2017), trabajó la biología de una población de *P. productus*, en las costas de Baja California Sur, en el cual obtuvo resultados similares a los obtenidos por Downton-Hoffman (2001). Los cuales se desglosan a continuación: la talla de madurez sexual encontrada en machos



González Malvárez Mario Alberto

fue de 80 cm de LT y para el caso de las hembras la madurez se alcanzó a los 100 cm. La proporción de sexos corresponde a 2.94 hembras por 1 macho, mientras que la proporción sexual de embriones fue de 1.04 hembras por 1 macho. La fecundidad reportada fue de 4 a 18 embriones. Por último, relación talla-fecundidad obtenida fue $Y = -30.889x^{0.355}$ lo cual infiere una tendencia a incrementar la talla de las hembras mientras que aumenta también el número de crías.

Hensley et al. (1998), describen la puesta de 12 hembras de *P. lentiginosus*, en las costas del Golfo de México, de las cuales obtuvieron 79 embriones y en promedio cada hembra tuvo 1 a 6 crías.

Con base en lo anterior y a la información reproductiva de las especies de la familia Rhinobatidae (Tabla 1) destaca la falta de información sobre los aspectos reproductivos de *P. lentiginosus*; además, de la importancia que tiene dicho conocimiento para el aprovechamiento sustentable de la especie.

Tabla 1. Resumen de los parámetros reproductivos registrados en el género *Pseudobatos*.

	<i>P. productus</i>	<i>P. leuchorhynchus</i>	<i>Zapteryx brevirostris</i>	<i>P. lentiginosus</i>	<i>P. percellens</i>
ESPECIE/ TRABAJO					
COMPOSICIÓN DE TALLAS	58.9 – 162 cm ♀ 56 – 115 cm ♂	20 – 76 cm ♀ 22.5 – 64.3 cm ♂	20 – 67.4 cm ♀ 19.6 – 64.7 cm ♂	-	17 – 73.5 cm ♀ 17.4 – 60.9 cm ♂
PROPORCIÓN DE SEXOS (H:M)	1.42:1	4:1	2:1		0.98:1
L_{50%}	111.8 cm ♀ 95.1 cm ♂	47 cm ♀ 44 cm ♂	49.9 cm ♀ 50.5 cm ♂	-	-
IGS	-	-	febrero (2.5±0.73) ♂	-	febrero ♀ (1,44 ± 0,01)
IHS	-	-	febrero (3.75±0.74) ♂ febrero (8±3) ♀	-	enero ♂ (2,84 ± 1,23)
MORFOLOGÍA GONADAL EXTERNA	1 par de ovarios funcionales y 1 útero funcional 2 testículos alargados	1 par de ovarios y 1 par de úteros funcionales 1 par de testículos alargados y comprimidos	1 par de úteros funcionales 1 par de testículos con lóbulos	-	-



González Malvárez Mario Alberto

PROPORCIÓN SEXUAL DE EMBRIONES H:M	1.065:1	1:1	1:1		
RELACIONES MORFOMÉTRICAS		-	LT- Peso: 9E-06LT ^{2.9637} ♀ 3e-05LT ^{2.7308} ♂	-	-
FERTILIDAD	4-44 ovocitos	1 – 16 ovocitos	18 ovocitos	4- 8 ovocitos	
FECUNDIDAD	7-18 embriones	1-6 embriones	3 – 6 embriones	3- 6 embriones	2 - 4 embriones

ESPECIE/ TRABAJO	<i>P. productus</i>	<i>P. leuchorynchus</i>	<i>Zapteryx brevirostris</i>	<i>P. lentiginosuS</i>	<i>P. percellens</i>
COMPOSICIÓN DE TALLAS	58.9 – 162 cm ♀ 56 – 115 cm ♂	20 – 76 cm ♀ 22.5 – 64.3 cm ♂	20 – 67.4 cm ♀ 19.6 – 64.7 cm ♂	-	17 – 73.5 cm ♀ 17.4 – 60.9 cm ♂
PROPORCIÓN SEXUAL (H:M)	1.42:1	4:1	2:1		0.98:1
L₅₀%	111.8 cm ♀ 95.1 cm ♂	47 cm ♀ 44 cm ♂	49.9 cm ♀ 50.5 cm ♂	-	-
IGS	-	-	febrero (2.5±0.73) ♂	-	febrero ♀ (1,44 ± 0,01)
IHS	-	-	febrero (3.75±0.74) ♂ febrero (8±3) ♀	-	enero ♂ (2,84 ± 1,23)
MORFOLOGÍA GONADAL EXTERNA	1 par de ovarios funcionales y 1 útero funcional 2 testículos alargados	1 par de ovarios y 1 par de úteros funcionales 1 par de testículos alargados y comprimidos	1 par de úteros funcionales 1 par de testículos con lóbulos	-	-
PROPORCIÓN SEXUAL DE EMBRIONES H:M	1.065:1	1:1	1:1		
RELACIONES MORFOMÉTRICAS		-	LT- Peso: 9E-06LT ^{2.9637} ♀ 3e-05LT ^{2.7308} ♂	-	-
FERTILIDAD	4-44 ovocitos	1 – 16 ovocitos	18 ovocitos	4- 8 ovocitos	
FECUNDIDAD	7-18 embriones	1-6 embriones	3 – 6 embriones	3- 6 embriones	2 - 4 embriones



OBJETIVOS

General

Contribuir al conocimiento de la biología reproductiva de la raya guitarra del Atlántico, *Pseudobatos lentiginosus*, de la costa sur de Veracruz.

Particulares

Caracterizar los parámetros poblacionales de la especie bajo estudio: composición de tallas, proporción de sexos, talla de primera madurez (L50%).

Obtener los índices biológicos que hacen referencia a los aspectos reproductivos.

Describir la estructura gonadal externa de ambos sexos en distintos estadios reproductivos, así como la fertilidad y fecundidad de las hembras.

Estimar las relaciones morfométricas corporales y reproductivas.



González Malvárez Mario Alberto

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de Estudio

El municipio de Alvarado se localiza en la región central del estado de Veracruz. La distancia aproximada que presenta a la capital del estado es de 190 km. Este se encuentra situado entre las coordenadas $18^{\circ} 46' 52''\text{N}$ y $95^{\circ} 46' 26''\text{W}$. Su territorio está formado por una extensión de unos 840.63 km^2 . Debido a las diferentes elevaciones que hay en dicho municipio se localiza a una altitud promedio de 10 metros sobre el nivel del mar (Fig. 2).

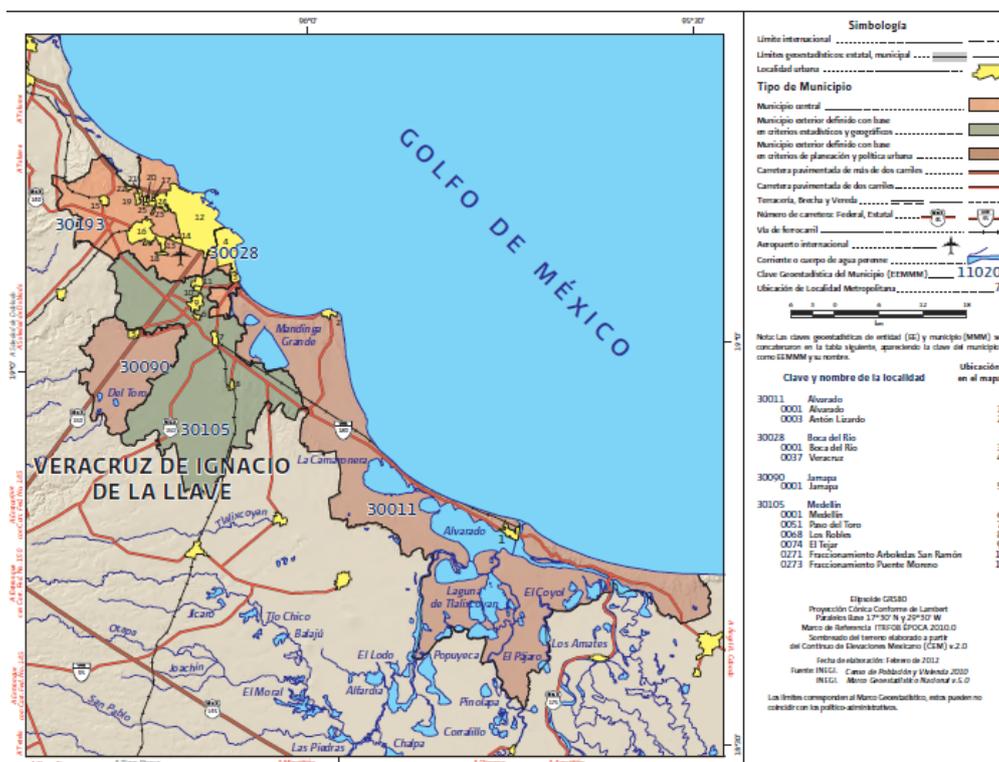


Figura 2. Localización cartográfica de la costa de Veracruz (tomada de <http://www.veracruz.gob.mx/>)

La localidad de las Barrancas se localiza en el Municipio de Alvarado, en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, y se localiza entre las coordenadas $19^{\circ} 00' 37'' \text{ N}$ y $95^{\circ} 58' 0.9'' \text{ W}$. Este poblado se encuentra a una altura de 10 m s.n.m. La mayoría de los pobladores se dedican a la pesquería ribereña (Fig. 3; INEGI, 2010).



González Malvárez Mario Alberto

En la costa sur de Veracruz, se puede ver una zona de baja productividad primaria y altas temperaturas a nivel superficial de mar, ya que en ese lugar se localiza el inicio de un giro anticiclónico, el cual se encarga de intercalar los nutrientes y por ende cambiar las zonas de producción del mar.



Figura 3. Fotografía de la comunidad de pescadores de las barrancas utilizando el chinchorro playero.

Trabajo de campo

Se realizaron seis salidas a la costa de Veracruz, en especial a la localidad de Las Barrancas, donde se utilizó el chinchorro playero con una luz de malla (8 cm), para la obtención de los ejemplares de *P. lentiginosus* como parte de la pesca artesanal ribereña que se practica en la comunidad, durante un periodo anual, de julio 2017 a agosto de 2018.

Se registraron los datos morfométricos correspondientes, en una bitácora (Fig. 4): fecha de colecta; número de ejemplar; sexo; peso total (g); longitud total (Lt); longitud de los mixopterigios (Lm); ancho del disco (Ad); peso del hígado (g); peso del testículo (g); diámetro de los testículos (D test); peso del ovario (g); diámetro del ovario (D ova); peso de las glándulas oviductales (Pg. rect) ; estadio de madurez; fertilidad y fecundidad.

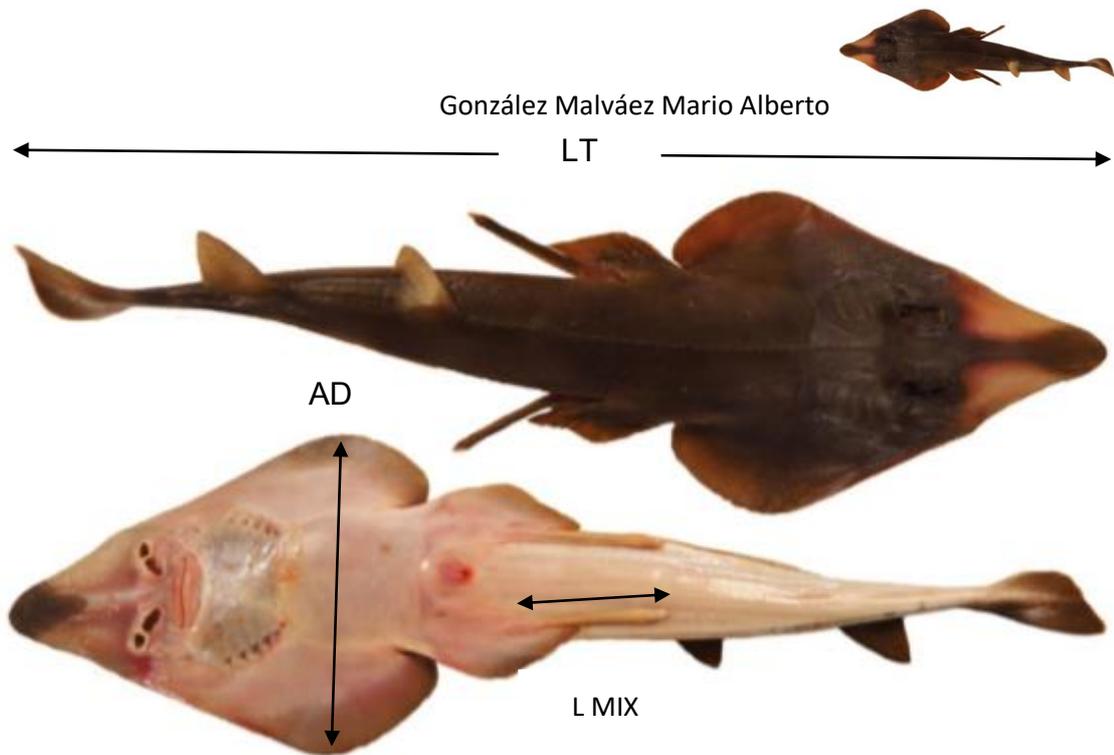


Figura 4. Medidas morfométricas externas tomadas de un ejemplar de *P. lentiginosus*. LT: longitud total del organismo; AD: ancho del disco, y L. Mix.: Longitud del mixopterigio.

Trabajo de laboratorio

Para el trabajo de laboratorio, los ejemplares colectados se conservaron en un congelador para su posterior procesamiento. Se procedió a descongelar a los organismos para realizar una incisión en la región ventral con el fin de observar y describir el aparato reproductor. Se extrajeron las gónadas e hígado los cuales fueron pesados (g). A continuación, las gónadas fueron fijadas y resguardadas en frascos con formol al 10%, para su posterior análisis y manipulación.

Para el caso de las hembras se midió el ovocito más grande y el ancho de las glándulas oviductales, mientras que para el caso de los machos se midió el largo y ancho de los testículos y la longitud de los mixopterigios.



González Malvárez Mario Alberto

La composición de tallas se determinó mediante clases de talla, posteriormente fueron separados por sexos, estableciendo la talla máxima y mínima de ambos grupos.

Se calculó la proporción de sexos dividiendo el número total de hembras entre el número total de machos (Zar, 2010). Se utilizó el estadístico de prueba de chi cuadrada (χ^2) para probar estadísticamente las diferencias en proporción de sexos teórica de 1:1 de acuerdo con la siguiente ecuación (Daniels, 2002).

$$\chi^2 = (|f_1 - f_2| - 0.5)2_n$$

Donde:

f1= Proporción observada de hembras

f2= Proporción observada de machos

n= número de ejemplares totales

La talla de primera madurez se determinó cuando la población alcanzó el 50% de organismos maduros (Pratt y Otake, 1990).

El análisis de L50% se realizó ajustando la ecuación logística a la proporción de organismos maduros, respecto a la longitud total del organismo, siguiendo lo descrito por Mollet *et al.* (2000), de acuerdo con la siguiente relación:

$$Pm = 1/[1 + EXP-(a+b*LT)]$$

Donde;

Pm= proporción sexual de organismos maduros de la muestra, transformado a valores binomiales, donde se asume 0 si es inmaduro y 1 si es maduro.

a= Constante de la ecuación que determina el punto de origen de la curva.

b= Constante de la ecuación que determina la inclinación de la curva.

LT = Longitud Total



González Malvárez Mario Alberto

Para inferir la época de reproducción, se calculó el índice gonadosomático (IGS), a partir de cada organismo en valores porcentuales, y de acuerdo con la siguiente expresión (Vazzoler, 1996).

$$IGS = \left(\frac{Pg}{P} \right) * 100$$

Donde:

Pg = peso de las gónadas

P = peso de cada organismo

Para determinar indirectamente el estado de madurez sexual próximo, se calculó el índice hepatosomático (IHS), este índice hepatosomático es de utilidad también para indicar el nivel de reservas de cada organismo, tal como se muestra en la siguiente expresión (Bohemen *et al*, 1981).

$$IHS = \left(\frac{PH}{P} \right) * 100$$

Donde:

PH = peso del hígado

“P = peso de cada organismo

Para determinar la madurez sexual se tomaron en cuenta los criterios establecidos por Springer (1960) y Clark & von Schmidt (1965). En los machos se midieron los mixopterigios, para esto se consideró la distancia desde la parte posterior de la cloaca hasta la parte distal de éstos, así como el grado de calcificación, (que tan rígido están los mixopterigios), considerando sexualmente maduros a los machos con mixopterigios calcificados con rotación, apertura del rifiodón (punta distal del mixopterigio) y con esperma en los ductos deferentes.



González Malvárez Mario Alberto

En las hembras, se observó si tienen el himen roto, un abultamiento en el abdomen, cicatrices post-copulatorias en aletas pectorales y si presentan ovocitos maduros en el ovario o huevos.

La descripción morfológica del aparato reproductor de ambos sexos se basó en el criterio de los esquemas de Collonelo (2009), y se tomaron fotografías de las gónadas de ambos sexos para su posterior análisis, señalando los componentes de cada uno de ellos, así como las diferencias entre cada estadio. Mientras que para la determinación de los estadios de madurez, se utilizó la siguiente tabla, tomada de Collonelo (2009) (Tabla 2).

Tabla 2. Caracteres distintivos de los estadios de madurez sexual en Condrictios.

Estadio	Fase	Hembras	Machos
Juvenil (Inmaduros)	1	Ovocitos y glándulas oviductales no distinguibles a simple vista	Los mixopterigios no sobrepasan el extremo de las aletas pélvicas
Adultos (Maduros)	2	Ovarios con ovocitos vitelados (amarillos) y úteros vacíos	Los mixopterigios sobrepasan el extremo de las aletas pélvicas, y están calcificados
Adultos (Grávidas)	3	Úteros con huevos coriáceos	-

La relación talla peso se obtuvo mediante una regresión potencial, a partir de la siguiente ecuación

$$W = a.L^b$$

Donde: "W" = Variable independiente (Peso, Long. Mixopterigio, Ancho del disco), "a" = Factor de condición, "X" = Variable dependiente (LT), "b" = pendiente a la ordenada del origen



González Malvárez Mario Alberto

Para determinar la fertilidad, se contaron los ovocitos por hembra, y se obtuvo un promedio, también se tomaron los criterios de Collonello (2009) para determinar la fecundidad, el cual contabiliza el número de embriones por hembra y también se obtuvo un promedio.

RESULTADOS

Se examinaron y procesaron 351 ejemplares, 195 hembras y 156 machos, posteriormente se separaron en diferentes estadios: Inmaduros, Maduros, Grávidas (para el caso exclusivo de las hembras).

Composición de tallas

Se establecieron 7 clases de tallas, las hembras presentaron una LT entre, 26.3 y 77.5 cm y para el caso de los machos, entre 29.2 y 61 cm de LT. La clase de talla con el mayor número de ejemplares de 51 a 60 cm, obteniendo un total de 123 organismos, de los cuales predominaron los machos con 71 ejemplares. (Fig. 5).

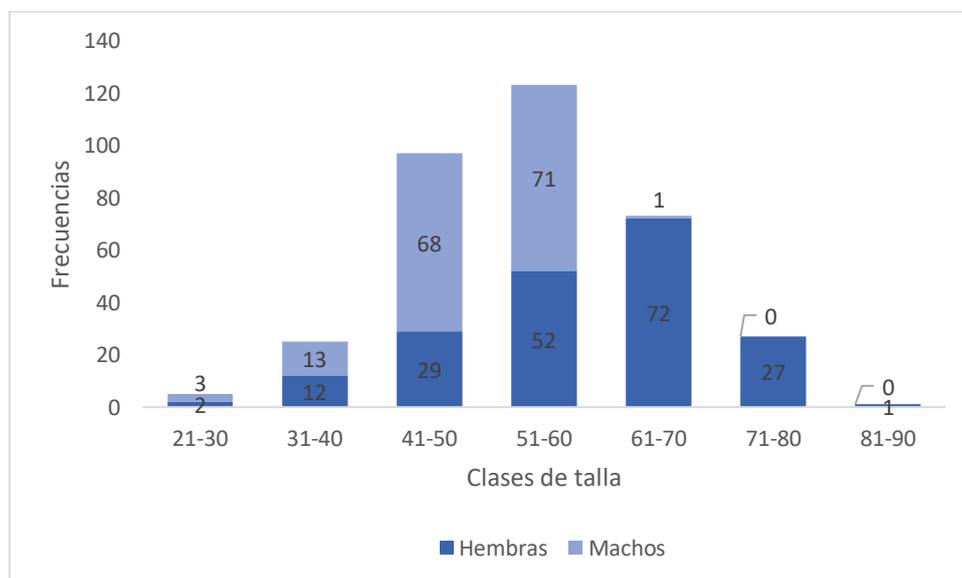


Figura 5. Estructura por tallas (LT en cm) de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz.

Proporción de sexos

La raya guitarra presentó un periodo de mayor abundancia durante los meses de octubre, diciembre, marzo y abril, en donde estuvo dominado por las



González Malvárez Mario Alberto

hembras, mientras que los machos dominaron durante los meses de noviembre y julio (Fig. 6). Se capturaron 351 organismos, siendo estos 195 hembras y 156 machos, con una relación 1.01H: 0.80 M ($P > 0.05$, $t = 2.17$; Tabla 3).

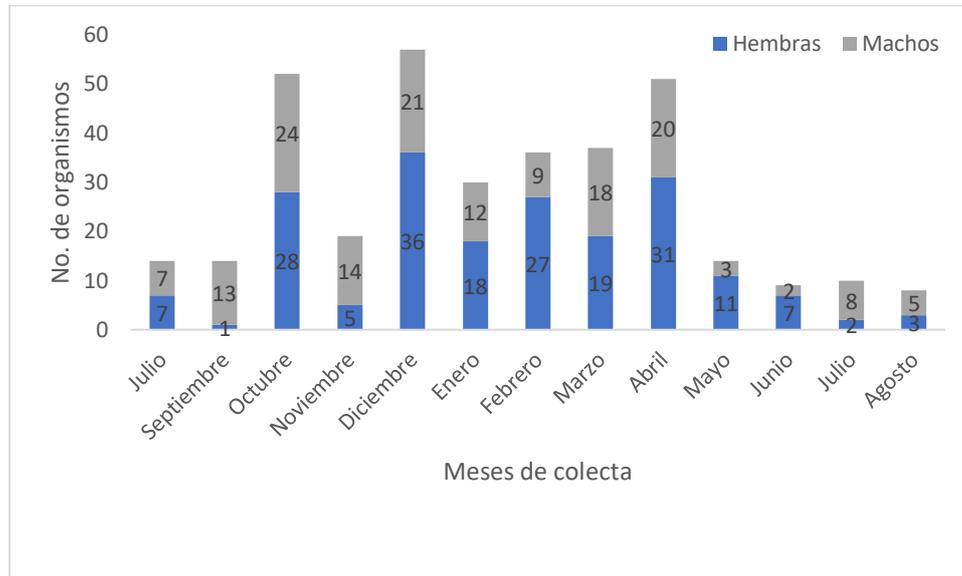


Figura 6. Proporción mensual de sexos de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz.

Tabla 3. Proporción sexual por mes de *P. lentiginosus*, capturados en la Costa sur de Veracruz

Mes	Hembras	Machos	Proporción	χ^2		P
				Hembras	Machos	
julio (I)	7	7	1H: 1M	0.08	0.10	<0.05
septiembre	1	13	0.076H: 1M	5.91	7.38	>0.05
octubre	28	24	1.16H:1M	0.03	0.03	<0.05
noviembre	5	14	0.357H:1M	2.92	3.65	>0.05
diciembre	36	21	1.71H:1M	0.59	0.74	>0.05
enero	18	12	1.49H:1M	0.11	0.13	<0.05
febrero	27	9	3H:1M	2.45	3.06	>0.05
marzo	19	18	1.05H:1M	0.12	0.15	<0.05
abril	31	20	1.54H:1M	0.25	0.31	>0.05
mayo	11	3	3.68H:1M	1.33	1.67	>0.05
junio	7	2	3.49H:1M	0.80	1.00	>0.05



González Malvárez Mario Alberto

julio (II)	2	8	0.24H:1M	2.28	2.84	>0.05
Agosto	3	5	0.59H:1M	0.47	0.59	>0.05

Talla de primera madurez (L50%)

De acuerdo con el análisis de la frecuencia acumulativa, en talla de los organismos maduros, se determinó una talla de primera madurez (L 50%) de 48 cm de LT en hembras. Es decir, que una hembra que alcance un mínimo de 48 cm ya se considera madura sexualmente (Fig. 7). Mientras que un macho, alcanza en promedio su madurez sexual a partir de 47 cm (Fig. 8).

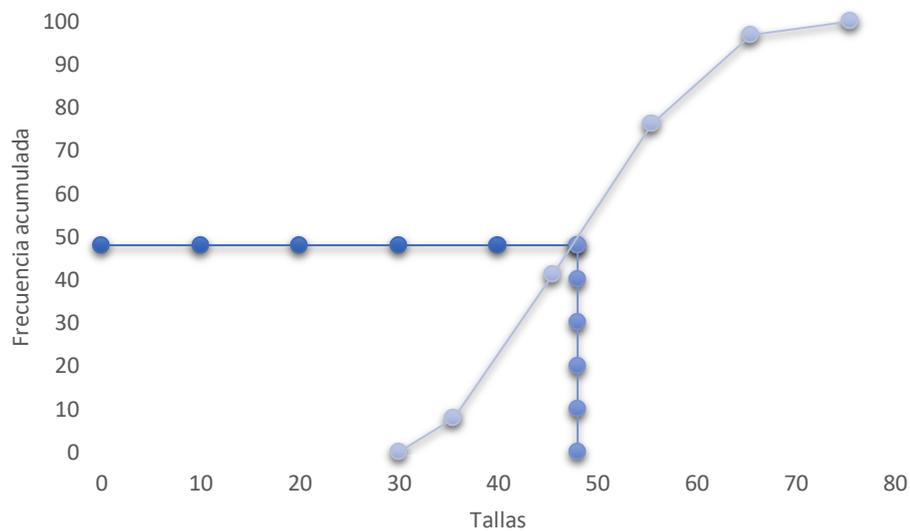


Figura 7. Talla media de madurez en hembras de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz



González Malvárez Mario Alberto

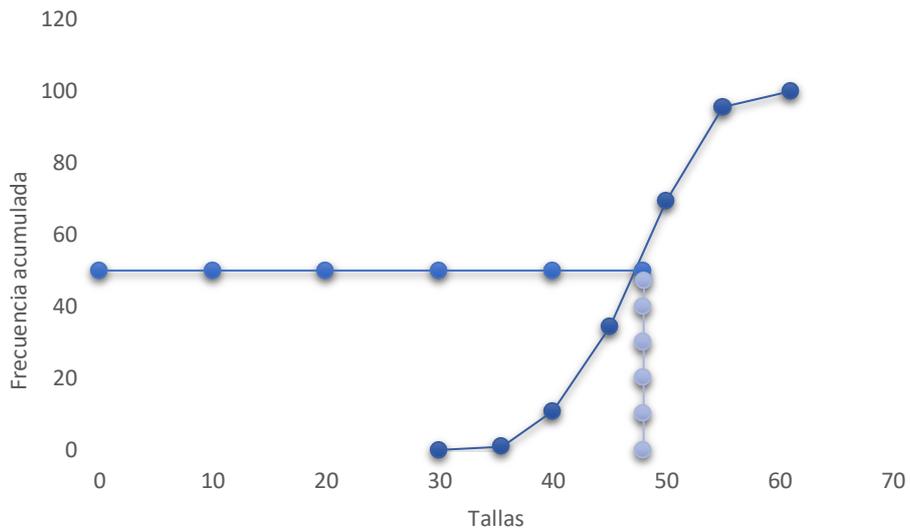


Figura 8. Talla media de madurez sexual en machos de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz.

Índice gonadosomático (IGS)

El cálculo del IGS general mostró que el valor más alto fue durante el mes de abril (3.32 ± 3.39), donde se reportó la mayor cantidad organismos maduros para ambos sexos (Fig. 9).

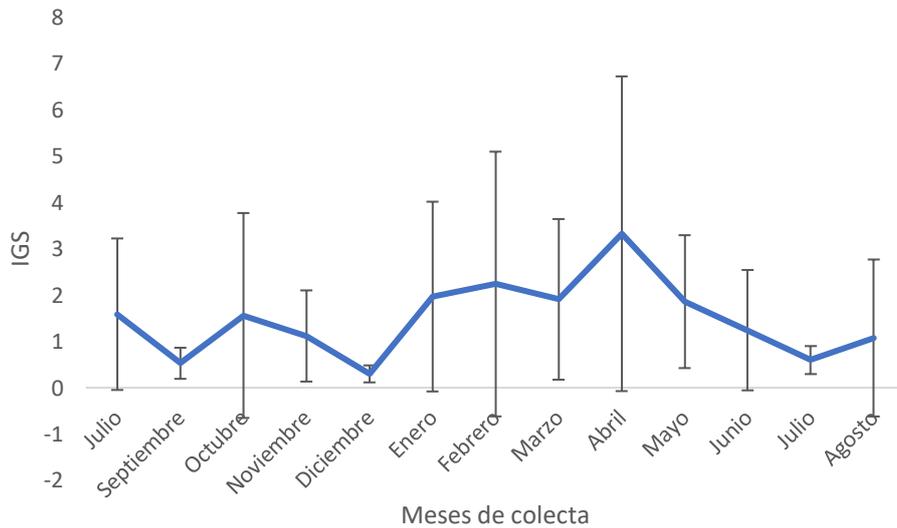


Figura 9. Variación mensual del índice gonadosomático general de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz



González Malvárez Mario Alberto

El IGS obtenido para el caso de los machos tuvo el valor más alto durante el mes de noviembre y también el mes con mayor variación (1.01 ± 0.88) (Fig. 10).

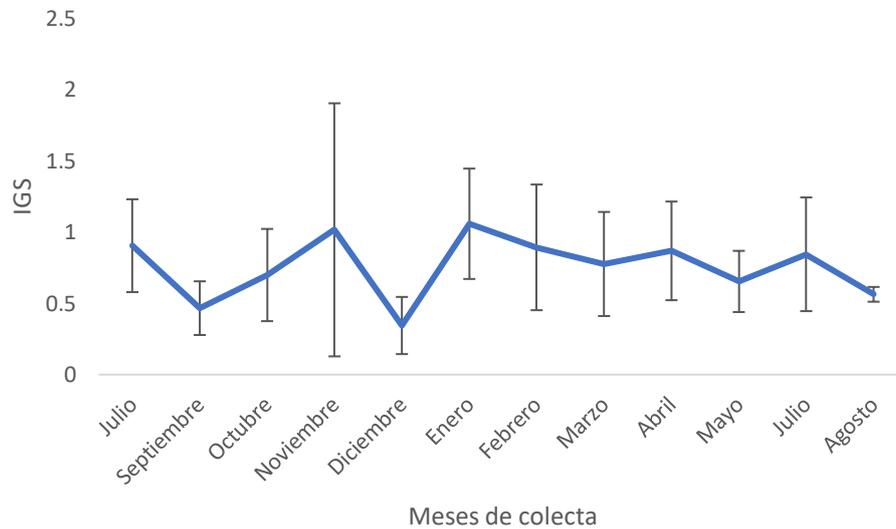


Figura 10. Variación mensual del índice gonadosomático en machos de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz

El cálculo del IGS obtenido para las hembras maduras mostró el valor más alto durante el mes de febrero (2.42 ± 2.09) (Fig. 11).

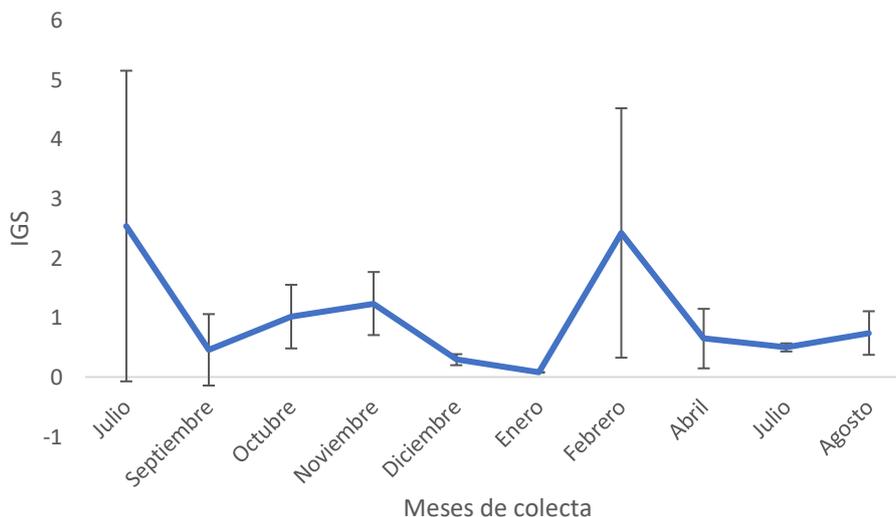


Figura 11. Variación mensual del índice gonadosomático en hembras maduras de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz



González Malvárez Mario Alberto

Se calculó también el IGS exclusivamente para hembras grávidas, el valor más alto fue obtenido durante el mes de julio (4.77 ± 3.62) (Fig. 12).

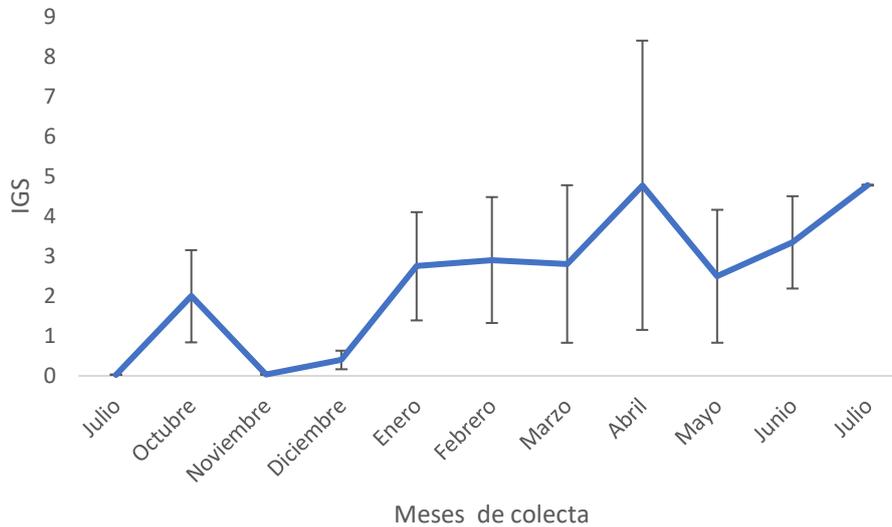
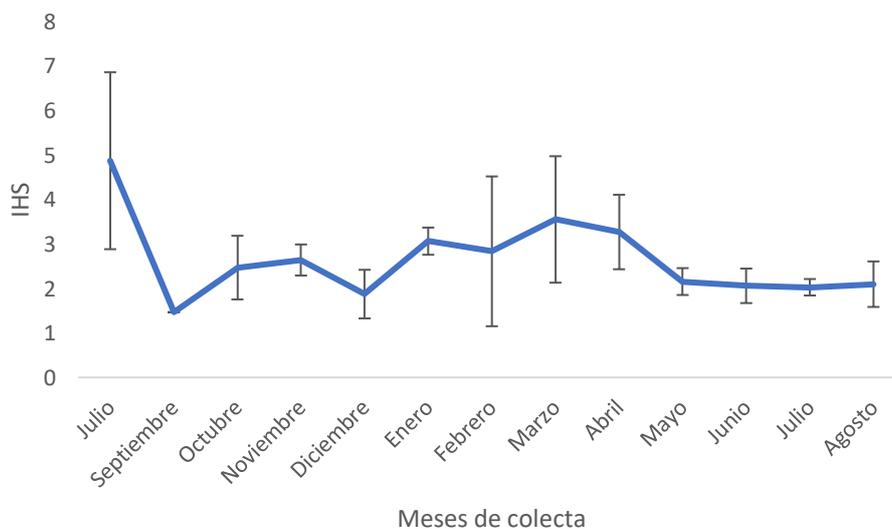


Figura 12. Variación mensual del índice gonadosomático en hembras grávidas de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz

Índice hepatosomático (IHS)

El cálculo del IHS en hembras mostró el valor más alto durante el mes de Junio (4.87 ± 1.98). En donde se reportó la mayor cantidad de organismos en condiciones óptimas para su posterior reproducción (Fig. 13).





González Malvárez Mario Alberto

Figura 13. Variación mensual del índice hepatosomático en hembras de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz

Sistema reproductor en hembras

El sistema reproductor en hembras está estructurado por un par de ovarios, dos oviductos y glándulas oviductales, los cuales están situados a cada lado de la columna vertebral y están unidos por el mesenterio. (Figs. 14-16).

Ovarios

Los ovarios están constituidos por ovocitos (los cuales son precursores de la formación del óvulo) y se encuentran al borde de los ovarios. En hembras inmaduras están indiferenciados, mientras que en hembras maduras y grávidas son muy abundantes y tienen un diámetro de $>3.1\text{mm}$.

Su función principal es la producción de ovocitos y hormonas para el funcionamiento de los demás componentes del aparato reproductor. El tamaño está relacionado con el grado de madurez, siendo más grandes cuando la hembra se encuentra grávida y más pequeños en hembras inmaduras.

Glándulas oviductales

Es una modificación del oviducto del tracto reproductivo de las hembras, tienen una conformación arriñonada y su función es el almacén del esperma, y también es donde se lleva a cabo la fertilización del ovocito. En hembras maduras y grávidas, estas glándulas están muy bien diferenciadas, mientras que en estadios inmaduros aunque son visibles, aún no están completamente desarrolladas (Juaristi-Videgaray, 2016).

Oviductos

En su conformación, los oviductos están cubiertos por un epitelio. De acuerdo con sus características anatómicas y funcionales, es posible diferenciar cuatro regiones: oviducto medio, anterior y posterior, este último es llamado comúnmente útero cuando la hembra se encuentra grávida (Collonelo, 2009). Tiene la función de comunicar con los ovarios, con el fin de que el esperma



González Malvárez Mario Alberto

llegue y fecunde al óvulo. También tiene la función de cubrir a los embriones durante todo su desarrollo.

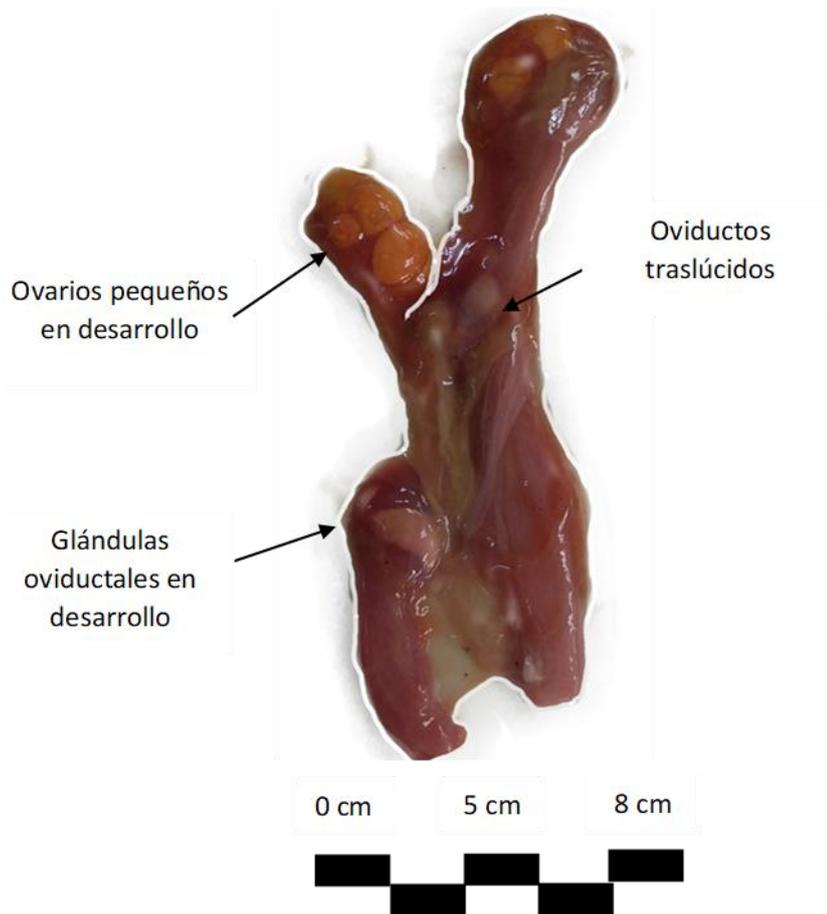


Figura 14. Aparato reproductor de hembra inmadura de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz.

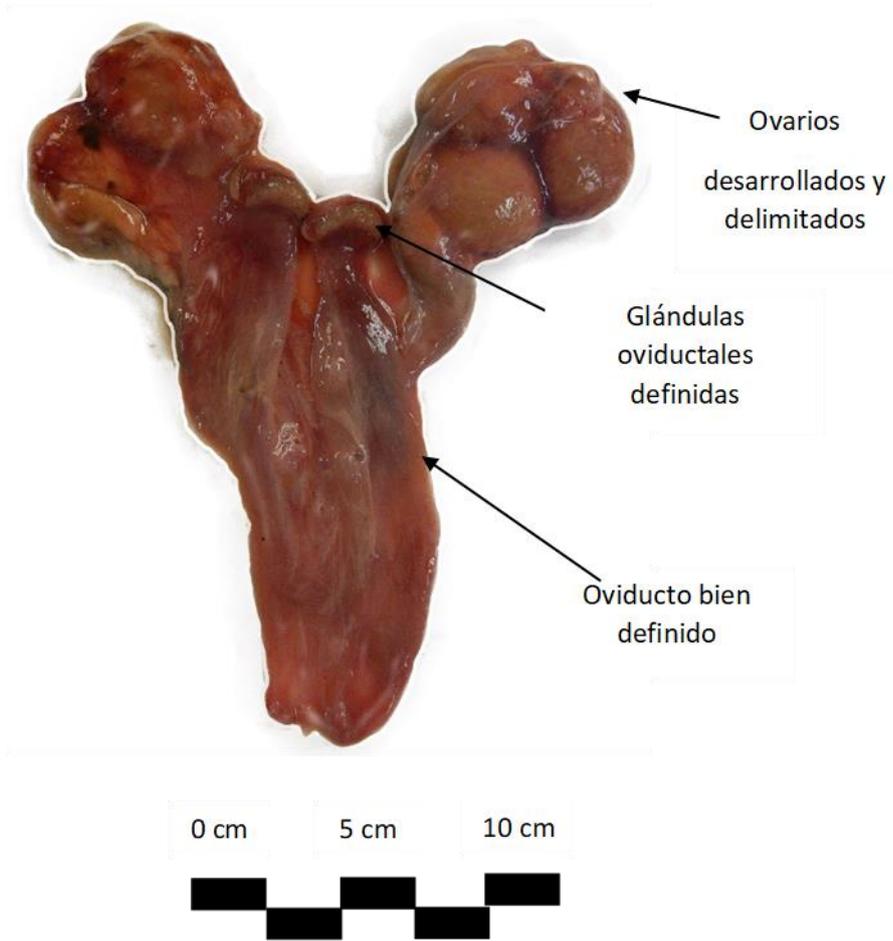


Figura 15. Aparato reproductor de una hembra madura de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz.

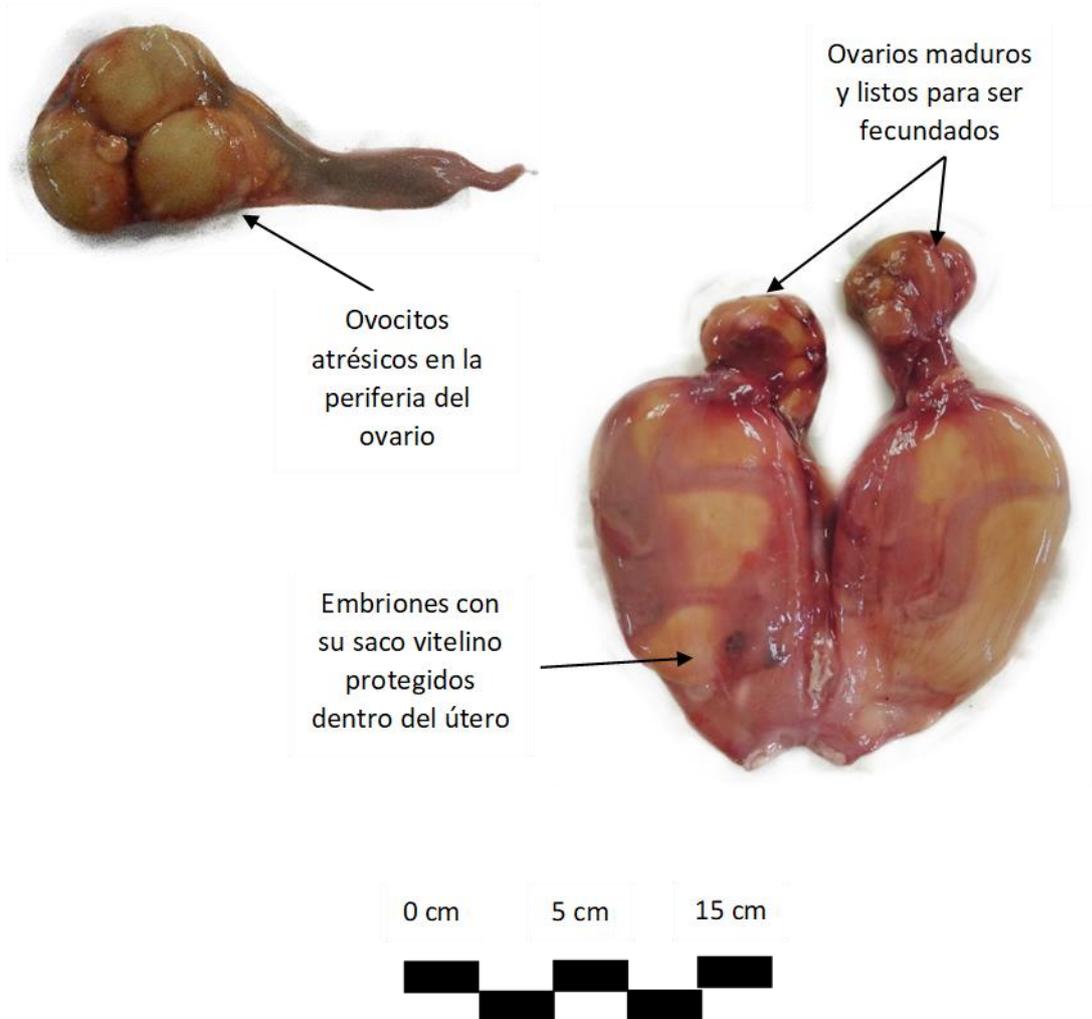


Figura 16. Aparato reproductor de una hembra grávida de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz.



Embriones

Se encontraron los siguientes estadios en los embriones de hembras grávidas de *P. lentiginosus* (Tabla 4).

Tabla 4. Caracteres externos de los estadios de embriones en *P. lentiginosus*

- Estadio I (Temprano): Presentan una coloración durazno y no posee dentículos dérmicos que recubran su cuerpo. En la región ventral presentan un saco vitelino, el cual está comunicado con el embrión por una especie de cordón. La LT promedio es de 6 cm (Fig. 17).
- Estadio II (Intermedio): Presentan una coloración café, ya que su dorso está recubierto por dentículos dérmicos. En la región ventral presentan un pequeño saco vitelino. La LT promedio es de 15 cm (Fig. 18).
- Estadio III (Neonato): Presentan un dorso con dentículos dérmicos bien definidos, de lado ventral cuenta con una cicatriz que es el remanente del cordón que tenía con su saco vitelino, alcanzan tallas de 16 a 20 cm (Fig. 19)



González Malvárez Mario Alberto



Figura 17. Embriones de *P. lentiginosus* en estadio temprano



0 cm 5 cm 10 cm 15 cm



Figura 18. Embrión de *P. lentiginosus* en estadio intermedio con su saco vitelino

González Malvárez Mario Alberto



Figura 19. Organismo Neonato de *P. lentiginosus*

Sistema reproductor en machos

El sistema reproductor masculino está conformado por los testículos, conductos deferentes, vesículas espermáticas, epidídimo y externamente por los mixopterigios (Figs. 20-21).

Testículos

Estos órganos están pareados y tienen una conformación elongada, su ubicación es peritoneal y están cubiertos por un epitelio. Su función principal es la producción de los espermatozoides. En estadio inmaduro, son pequeños < 2 mm y están muy poco desarrollados, tienen una consistencia flácida. Mientras que los organismos maduros los testículos completamente desarrollados y su consistencia es más rígida.

Conductos deferentes



González Malvárez Mario Alberto

Son conductos en la gónada masculina, donde se lleva a cabo la espermatogénesis; estos conductos convergen en un conducto en común que lleva a los espermatozoides al exterior (Juaristi-Videgaray, 2016).

Vesículas espermáticas

Son túbulos recubiertos por un epitelio y su función principal es la producción y almacén de prostaglandinas, también intervienen en la eyaculación, aumentando el volumen del semen (Collonelo,2009).

Epidídimo

Es el órgano situado en el borde posterior del testículo, posee una fuerte musculatura. Su función es almacenar las espermatogonias hasta que maduren a espermatozoides.

Mixopterigios

Los mixopterigios son órganos elongados y tubulares (internamente tienen conductos seminíferos y en el borde tienen orificios llamados rifiodones y están encargados de la liberación del espermatozoide del macho.

Una diferencia clara entre un organismo maduro de uno inmaduro es el grado de calcificación de estos órganos. Un organismo maduro tendrá los mixopterigios más calcificados, indicando que está listo para reproducirse, mientras que un organismo inmaduro tiene los mixopterigios flácidos.



González Malvárez Mario Alberto

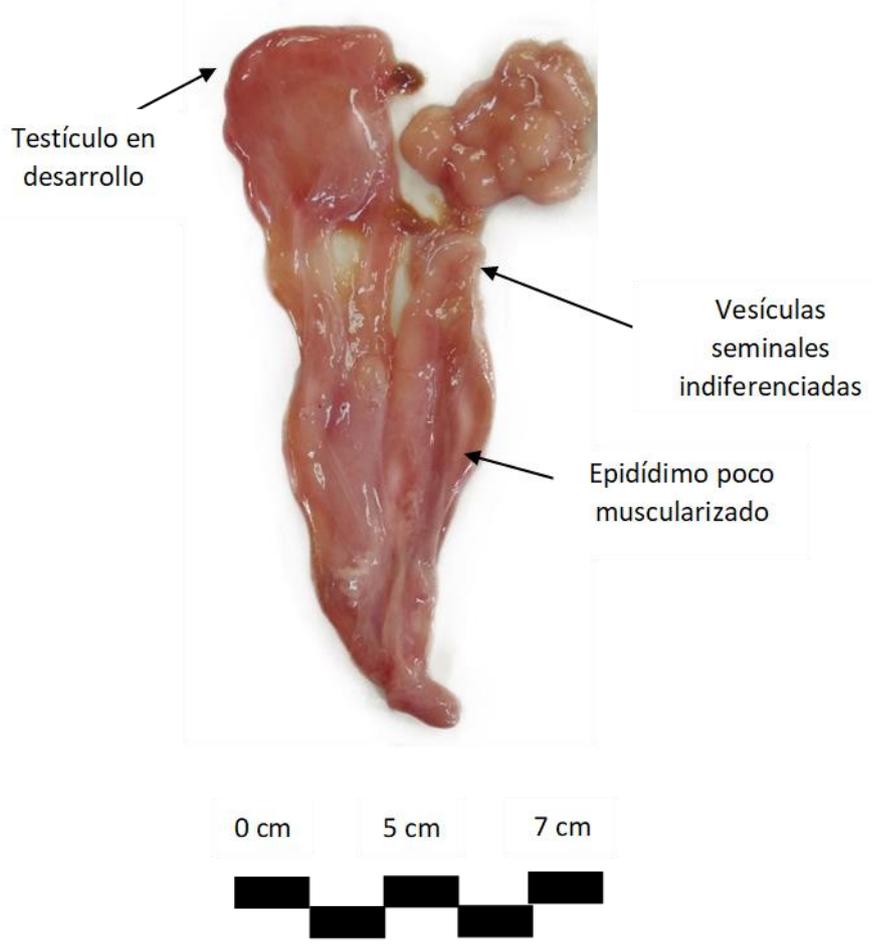


Figura 20. Aparato reproductor de un macho inmaduro de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturado en la costa sur de Veracruz.

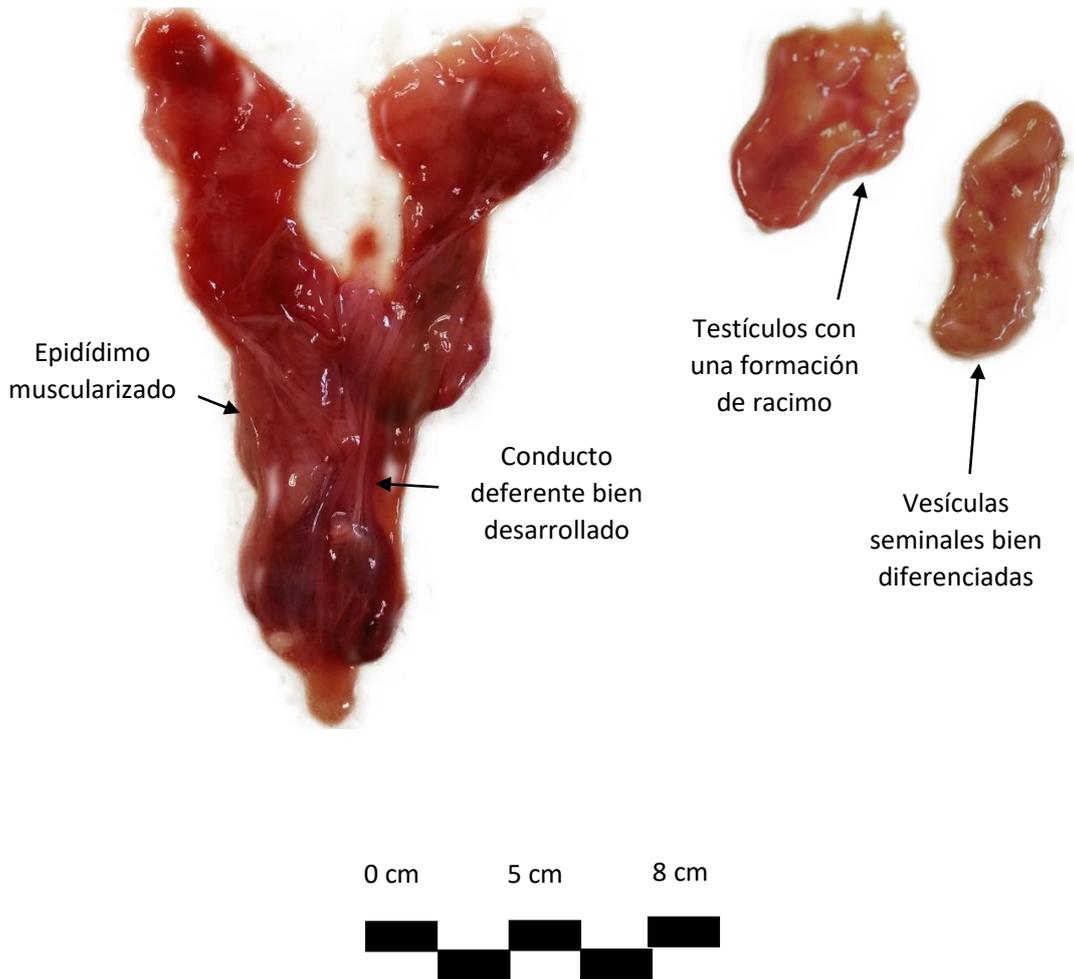


Figura 21. Aparato reproductor de un macho maduro de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturado en la costa sur de Veracruz.

Relaciones morfométricas

Con el fin de medir las variaciones durante el periodo de estudio, se estimaron las siguientes relaciones morfométricas para cada sexo: LT-Peso general. El valor obtenido en la relación LT-peso general fue $y=0.0024x^{3.0714}$ (Fig. 22).

Para el caso de las hembras, la relación LT-Peso obtenido fue $y= 0.0024x^{3.0813}$ (Fig. 23). Y el valor obtenido para las hembras grávidas fue $y=0.0017x^{2.6894}$ (Fig. 24).



González Malvárez Mario Alberto

Mientras que el valor obtenido en la relación LT-Peso en machos fue $y = 0.0323x^{2.3944}$. (Fig. 25). El valor de la relación LT-L. Mix fue $y = 0.005x^{1.8023}$ (Fig. 26).

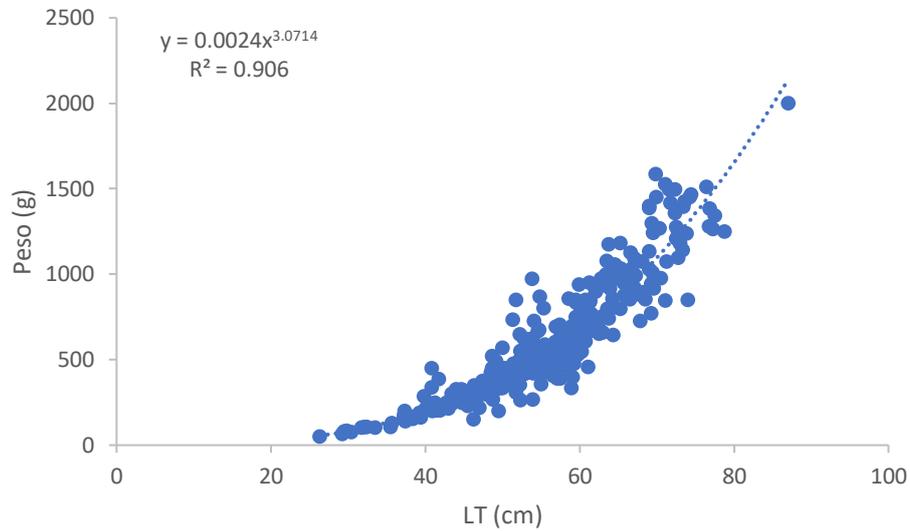


Figura 22. Relación potencial entre LT-Peso (General) de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz

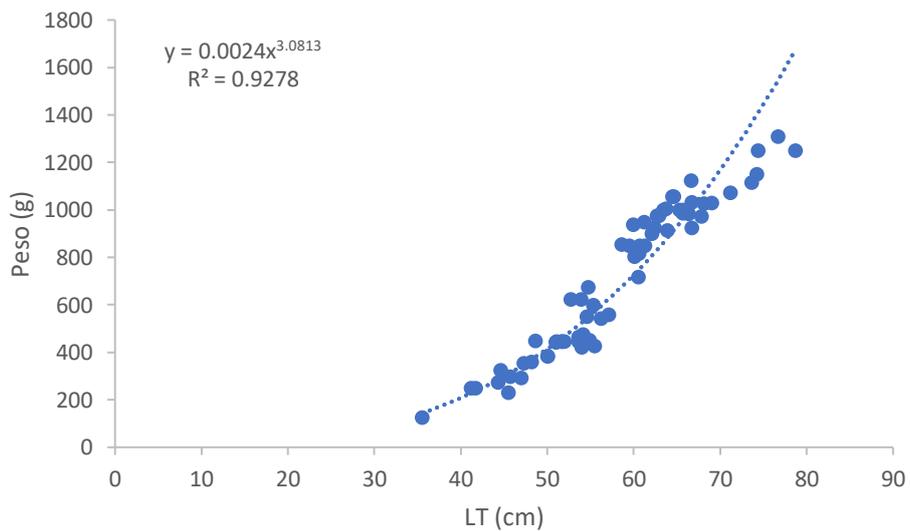


Figura 23. Relación potencial entre LT-Peso de las hembras de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz



González Malvárez Mario Alberto

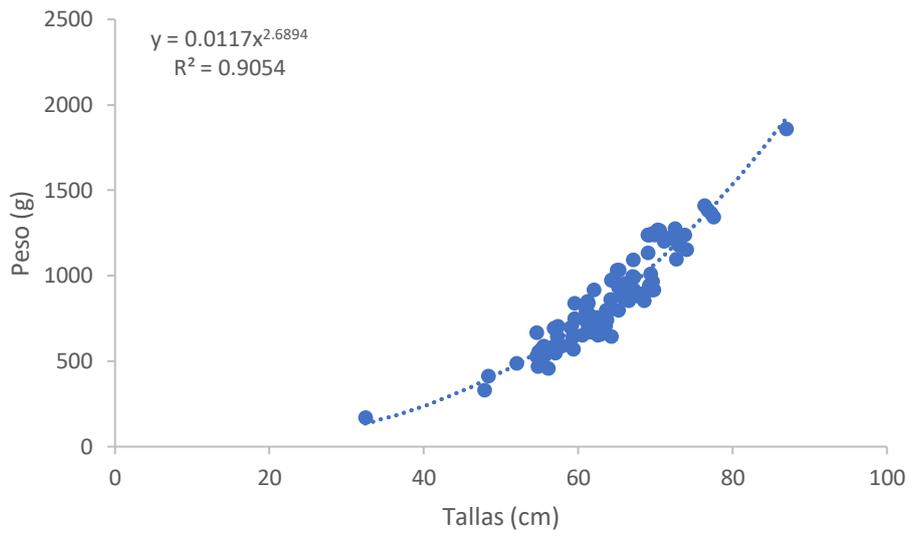


Figura 24. Relación potencial entre LT-Peso de las hembras grávidas de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz.

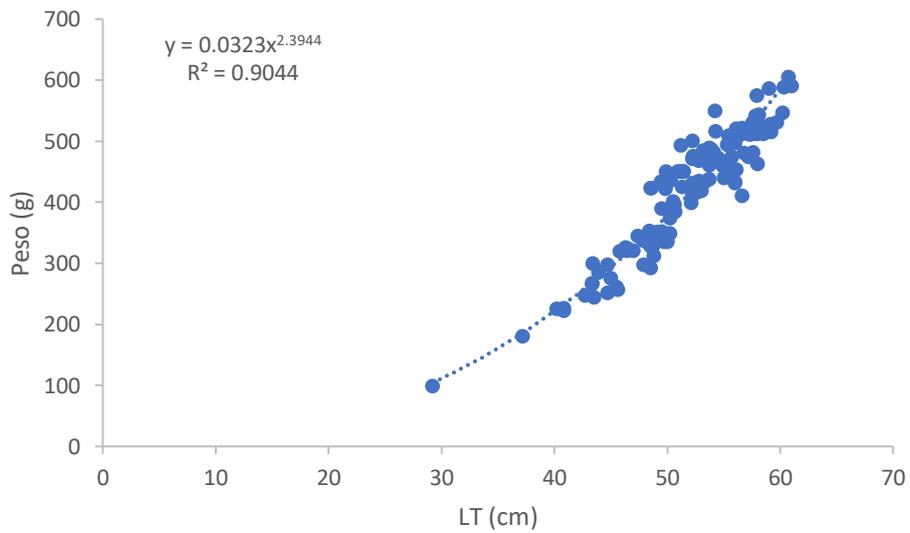


Figura 25. Relación potencial entre LT-Peso de los machos de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz



González Malvárez Mario Alberto

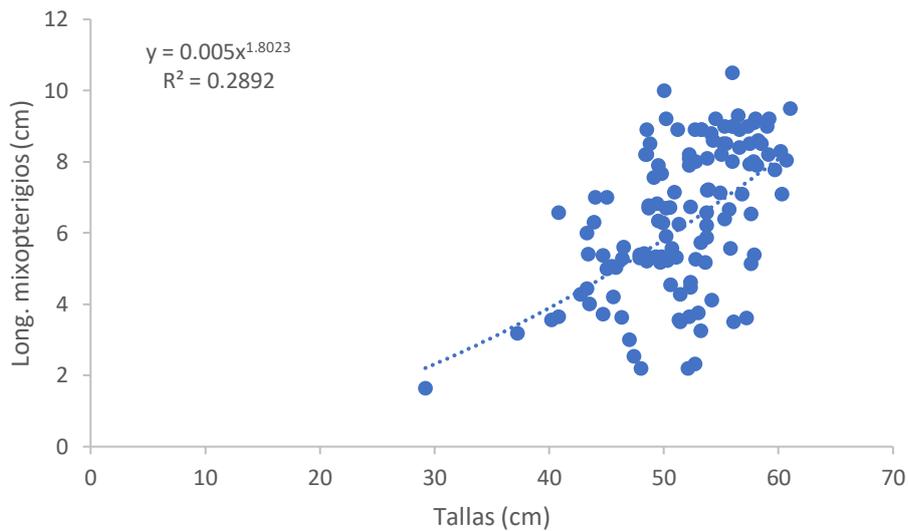
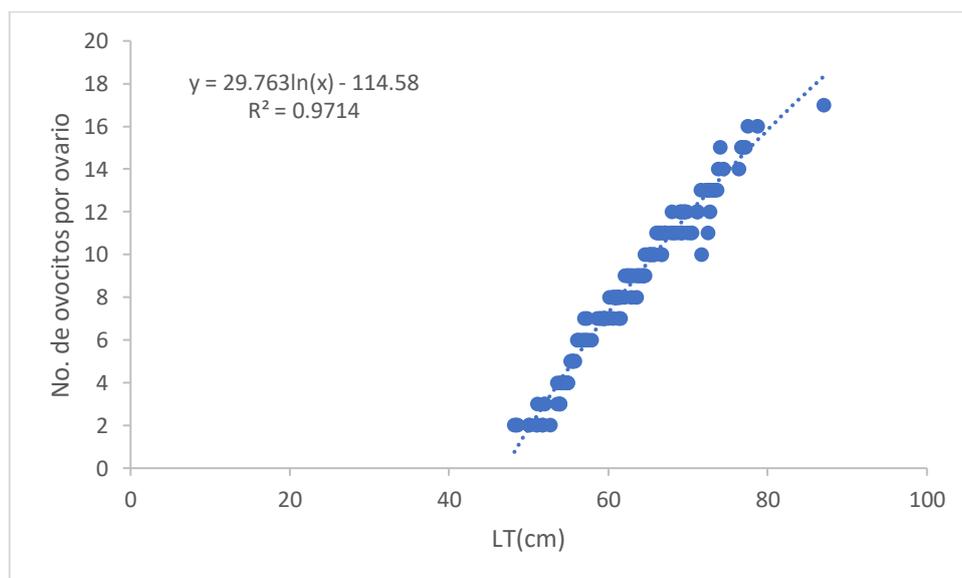


Figura 26. Relación potencial entre LT- L. Mix. de la raya guitarra, *P. lentiginosus*, capturada en la costa sur de Veracruz

Fertilidad

A partir de 168 hembras, se contabilizó el número de ovocitos por ovario, se observó que en hembras maduras hay en promedio de 2 a 17 ovocitos por ovario y 5 folículos atrésicos, mientras que las hembras grávidas cuentan con un promedio de 2 a 11 ovocitos por ovario y 8 a 10 folículos atrésicos. A continuación, se muestra la relación entre la fertilidad y la longitud total (Fig. 27).





González Malvárez Mario Alberto

Figura 27. Relación entre la Fertilidad-Tallas de la raya guitarra, *P. lentiginosus* capturada en la costa sur de Veracruz

Fecundidad

A partir de 100 hembras grávidas, se obtuvieron 460 embriones, de los cuales se obtuvieron los siguientes parámetros (Tabla 5). El promedio de la camada fue de 2 a 4 organismos por hembra. Se observó que la proporción de crías en los úteros variaba, encontrando un promedio de 3 crías en el útero izquierdo y 2 crías en el útero derecho (Fig. 28).

Tabla 5. Datos de las hembras grávidas y embriones capturados durante el año

	jul	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	ago
Hembras grávidas	3	14	2	2	13	9	19	25	10	2	1
	Embriones										
Proporción sexual H:M	3:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1
Intervalo LT (cm)	6-9	6-9	6-8	6-8	6-8	6-12	6-15	6-15	6-9	6-10	8
Organismos en útero izq. y der.	3:1	5:2	1:4	2:1	5:2	4:1	7:2	7:3	4: 1	1:4	2:1



Figura 28. Embriones de *P. lentiginosus* recién extraídos de los úteros

En la siguiente figura (Fig. 29) se muestra la disposición de los embriones por embrión. Se observa que en el útero izquierdo se encuentra una mayor cantidad de embriones. Particularmente en los meses de marzo y abril, se encuentra la mayor disposición de embriones para los úteros, donde se encuentran 7 embriones de lado izquierdo y 2 a 3 en el lado derecho



González Malvárez Mario Alberto

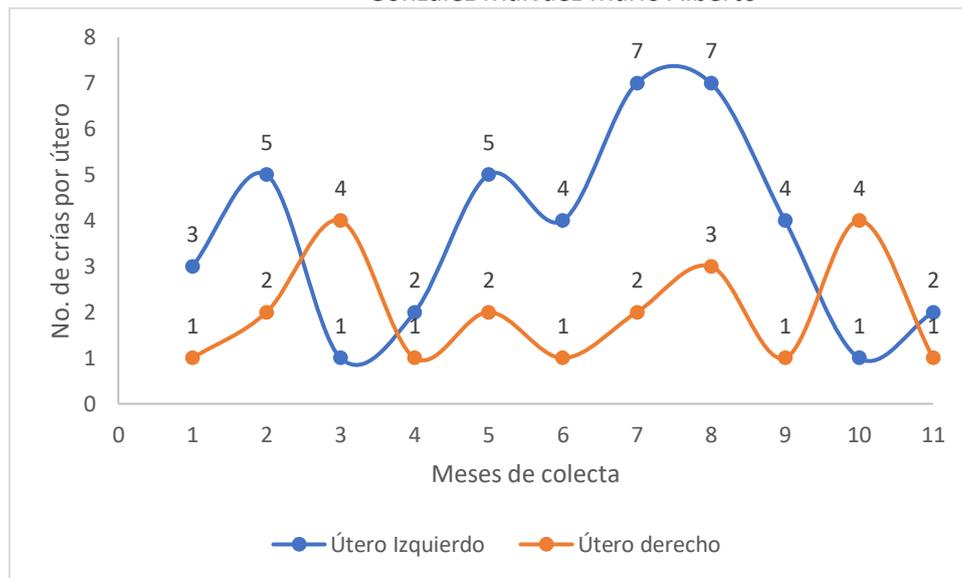


Figura 29. Disposición de embriones de *P. lentiginosus* en ambos úteros.

Con el fin de observar cómo afecta el aumento de la talla, respecto al número de embriones por hembra, se estimó la relación entre LT- Fecundidad, obteniendo un valor $y = 0,0405x^{1,4061}$. Lo cual muestra una tendencia positiva entre el aumento de talla respecto a una mayor cantidad de embriones por hembra (Fig. 30).

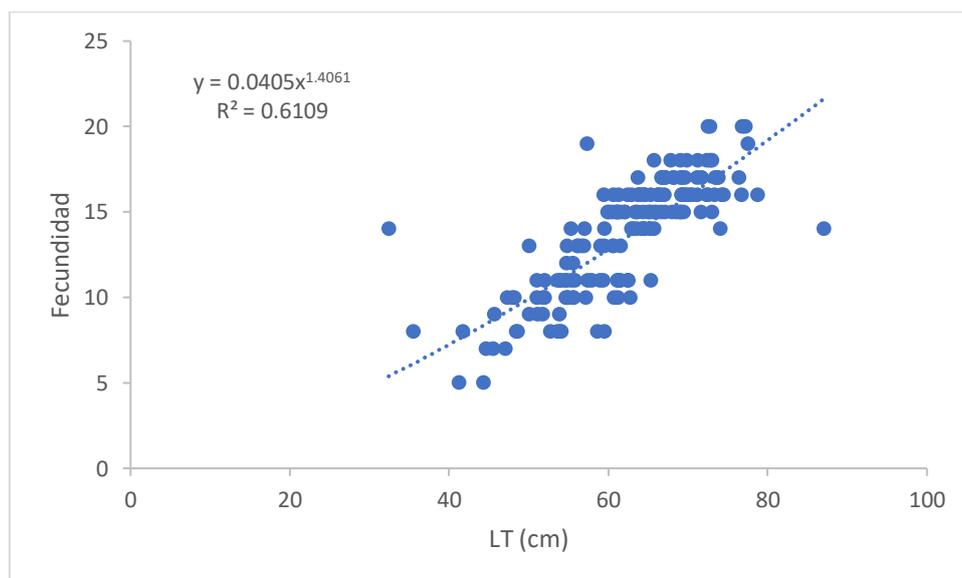


Figura 30. Relación potencial entre la fecundidad -LT de la raya guitarra, *P. lentiginosus* capturada en la costa sur de Veracruz.



DISCUSIÓN

Composición de tallas

Se encontró un intervalo de talla que va desde los 21.3 a 77.5 cm de LT, observando una talla máxima de 77.5 cm para las hembras y 61 cm para machos. Curiel Godoy (2017), reportó una talla máxima de 162 cm para hembras y de 115 cm para machos de *Pseudobatos productus*, de una población del Golfo de California, observando una gran diferencia a lo obtenido en este estudio.

Mientras que Collonelo (2009), reportó a partir de una población de *Zapteryx brevirostris* una LT máxima de 67.4 cm en hembras y para el caso de los machos una LT máxima de 64.7 cm en el Atlántico suroccidental, lo cual sobrepasa ligeramente a lo obtenido para machos con la población de *P. lentiginosus*.

También se observó que la mayoría de los organismos capturados se encontraban entre los 21.3 a 77.5 cm de LT. Esto podría estar relacionado con el arte de pesca utilizado. A diferencia de otros estudios, donde utilizan redes de enmalle para el estudio de *Pseudobatos* (Walker et al ,1998), al funcionar como un sistema de captura “pasivo”, dependen en gran medida de que el pez nade por ahí y sea capturado, de tal modo que la selectividad de la red es el resultado de la probabilidad del encuentro con la red y la probabilidad de ser retenido.

Y esto afecta más a los organismos con un crecimiento lento, ya que son vulnerables por más tiempo, comparado con organismos que tienen un crecimiento rápido (Walker et al, 1998).

Otro factor que podría influir en la dominancia de las hembras, tiene relación con la estructura poblacional de *P. lentiginosus*. Hensley y colaboradores (1998), reportó una mayor cantidad de hembras maduras y grávidas asociadas a las costas, ya que esta es la zona de crianza de los juveniles, hasta que alcancen la madurez y regresen a mar abierto a reproducirse. En el presente



González Malvárez Mario Alberto

estudio se encontraron mayor cantidad de hembras grávidas (71 organismos) y maduras (68 organismos) a comparación de juveniles (56 organismos).

Proporción de sexos

La proporción sexual ayuda a inferir la actividad y el comportamiento de una población, también nos permite conocer parte del ciclo reproductivo que se presente en el momento (Grijalba-Bendeck et al., 2008; Soto-López, 2014). Se encontró que para esta localidad existe una diferencia significativa entre hembras y machos, siendo las primeras las dominantes (1.01H: 0.80 M). Payán (2011), reportó a partir de una población de *Pseudobatos leucorhynchus* (distribuida en el Caribe Colombiano), una proporción de 4H:1M, la cual está conformada por 286 organismos (201 hembras y 85 machos). Mientras que Curiel Godoy (2017) reportó una proporción de 1.42H:1M.

Esto coincide con lo obtenido en *P. lentiginosus* (1.01H: 0.80 M), en donde se observó se una segregación por sexos en la población. Según Downton-Hoffmann (2001) esto ocurre con distintas poblaciones de rayas de la familia Rhinobatidae; aunado a esto, se encuentra el periodo de “corridas” que llevan a cabo los condrictios, la cual realizan al alcanzar la madurez sexual y es el momento cuando convergen las dos poblaciones para reproducirse y posteriormente se vuelven a segregar; este proceso puede ocurrir tanto en mar abierto como en las costas, es decir, que una población migre desde la costa hacia el mar o viceversa con el objetivo de encontrarse con la población del sexo opuesto y reproducirse. Otro factor que podría determinar la dominancia de las hembras tiene relación con las tallas observadas y la fecundidad, ya que la clase de talla con mayor cantidad de hembras fue 61-70 cm, que corresponde a hembras maduras y grávidas, las cuales tienen una puesta en promedio de 2 a 4 embriones, de los cuales habría mayor cantidad de hembras juveniles que machos.

Una estrategia que tienen las poblaciones de condrictios está relacionada con la predominancia de número de hembras sobre los machos, ya que estas son las encargadas de la gestación de los embriones y asegurar una alta tasa de fecundidad y así conseguir el éxito reproductivo.



González Malvárez Mario Alberto

Talla de primera madurez ($L_{50\%}$)

A partir del análisis de factores morfológicos característicos de los organismos maduros de *P. lentiginosus*, se obtuvo una talla de primera madurez ($L_{50\%}$) de 48 cm en el caso de las hembras y en el caso de los machos fue de 47 cm. Curiel Godoy (2017) reportó una ($L_{50\%}$) para una población de *P. productus* del Golfo de California de 111.8 y 95.1 cm de LT en hembras y machos respectivamente. Por último, Márquez-Farías (2007) reportó una ($L_{50\%}$) de 57 cm para hembras y 53 para machos en las costas de Sonora.

Hay diversos factores que pueden influir con lo obtenido en el presente estudio. Por ejemplo, el método de pesca empleado, ya que el chinchorro playero no es selectivo respecto a la talla. También pueden influir los factores abióticos (temperatura, oxígeno disuelto, incidencia de luz) en las que está sujeta la población, lo cual determinaría la abundancia y la distribución espacio-temporal de la población de *P. lentiginosus* de la costa de Veracruz. Por último, también se consideraría como factor determinante la disponibilidad de alimento, lo cual obligaría a organismos de tallas pequeñas a buscar la comida en las costas.

El tamaño de la población de *P. productus*, reportado por Juaristi-Videgaray (2016), consta de 147 ejemplares, lo cual es mucho menor que la población de *P. lentiginosus* en el presente estudio (352 organismos). Por lo que puede atribuirse a la distribución de la población de *P. productus* en el Golfo de California.

Índices biológicos

IGS Machos

Con base al análisis morfológico de los testículos y mixopterigios, se determinó que la LT del macho juvenil más grande fue de 46.8 cm y la LT del adulto más pequeño fue de 40.8 cm.

El IGS tuvo un comportamiento variable a lo largo del año de estudio. Esto es notable principalmente durante el período de noviembre a enero. Se encontró que tienen una alta actividad reproductiva en el mes de noviembre (1.01 ± 0.88). Esto difiere a lo reportado por Collonello (2009) para la población de *Z. brevirostris* un valor de IGS máximo durante diciembre, febrero y marzo.



González Malvárez Mario Alberto

Una explicación a esto tiene que ver con el número de machos maduros y de juveniles, ya que estos últimos predominaron durante los meses de septiembre y noviembre. Siendo este último el mes con valor de IGS más alto (1.01 ± 0.88), nuevamente se debe a la cantidad de machos maduros, predominando ahora los machos con una clase de talla de 51.2 a 60.3 cm de LT.

IGS Hembras

Con base al análisis morfológico de los ovarios, se determinó que la LT de la hembra juvenil más pequeña fue 41.7 cm y la LT del adulto más grande fue de 76.7 cm.

El IGS varió durante el año de estudio. Esto es notable principalmente durante el periodo de noviembre-diciembre y abril-mayo, esto se debe a la reducida cantidad de hembras maduras. El mes de febrero tuvo el valor más alto (2.42 ± 2.09). Mostrando que este mes tienen una alta actividad reproductiva.

Para el caso de las hembras grávidas, se determinó que la LT de la hembra grávida más pequeña fue 47.7 cm y la LT de la hembra grávida más grande fue de 77.5 cm. Se observa un comportamiento con tendencia baja, salvo en el periodo de octubre a enero, en donde se muestra casi lineal, el cual coincide con el mayor número de hembras grávidas. Esta diferencia entre los valores del IGS puede estar relacionada con el ciclo reproductivo y como está en función de la temperatura, por lo que es necesario analizar los factores abióticos de ambas costas (Golfo de California, Costa sur de Veracruz).

IHS Hembras

El cálculo del IHS obtenido para el caso de las hembras mostró el valor más alto durante el mes de junio (4.87 ± 1.98), mostrando así que las hembras en este mes ya están acumulando la energía en su hígado para poder producir más vitelo, liberar a sus crías y posteriormente volver a reproducirse.

Esto difiere con lo reportado por Colonello (2009), él obtuvo un valor de la variación estacional del índice hepatosomático para una población de hembras de *Z. brevirostris* de (8 ± 3) en el mes de febrero. Esto puede atribuirse a la



González Malvárez Mario Alberto

demanda de alimento que requiere la hembra para la acumulación de lípidos, para la posterior creación de vitelo y alimentación de los embriones.

Descripción macroscópica de las gónadas

Hembras

Para las hembras, se identificaron dos ovarios funcionales, con su desarrollo característico de los batoideos, denominado por Pratt (1979) como desarrollo externo, igual a lo observado por Downton-Hoffman (2001) y Curiel Godoy (2017), en los cuales los ejemplares de *P. productus* presentaron ovocitos en distintas etapas de desarrollo, lo que indica que llevan a cabo un desarrollo asincrónico (Soto-López, 2014).

Dos oviductos por los cuales los ovocitos se comunican con la glándula oviductal donde se lleva a cabo la fertilización, están conectados con los úteros y finalizan en la cloaca. Hamlett y colaboradores (1999), describen que el útero en la mayoría de los elasmobranchios, funciona como regulador en el ambiente intrauterino, proveer oxígeno para los embriones, nutrientes y media la distribución de los desechos metabólicos de los embriones.

Embriones

La proporción sexual en promedio fue de 4:1 embriones. (Colonello, (2009) reporta una proporción sexual de embriones para *Z. brevirostris* de 3:1. Payán (2011), reporta una proporción sexual de embriones para *P. leucorynchus* de 1:1. Mientras que Juaristi-Videgaray (2016), reporta para embriones de *P. productus* una proporción sexual de 1.06:1 Esto puede diferir principalmente a las tallas de captura, ya que una hembra de mayor LT tendrá una mayor cantidad de embriones, también puede estar relacionado al periodo reproductivo de las especies.

Machos

En machos se identificaron los testículos, epidídimos y conductos deferentes, Hamlett y colaboradores (1999), mencionan que los testículos son los responsables de la generación de las células germinales, así como la síntesis y secreción de hormonas. Al igual que el trabajo de Downton-Hoffman (2001) y Curiel Godoy (2017), se observó que los testículos de estos organismos presentan un tipo de lobulación y se observa más en organismos maduros.



González Malvárez Mario Alberto

No se encontraron diferencias significativas entre las estructuras de las gónadas de *P. lentiginosus*, tanto para las hembras como para los machos. Esto es de gran ayuda, ya que, en este estudio, están sujetos a lo obtenido de la pesca artesanal, utilizando el chinchorro playero.

Al comparar la longitud total con diferentes medidas de distintas estructuras de las gónadas de hembras, se observó que hay un crecimiento proporcional entre el organismo y el aparato reproductor.

Para machos al comparar la longitud total del organismo con la longitud del mixopterigio, se observó, que el valor de correlación es bajo. Aunque al ser utilizados estos mismos factores de comparación, pero agregando el grado de calcificación de los mixopterigios, se observó una diferencia entre los mixopterigios de machos inmaduros respecto a los de machos maduros, principalmente en la "rigidez" (calcificación). Esto reafirma lo obtenido por el análisis de $L_{50\%}$ en este estudio, remarcando que entre estas longitudes es donde se lleva a cabo la madurez de los machos en la zona de la costa sur de Veracruz.

Relaciones morfométricas

La relación LT-Peso presentó una tendencia exponencial, al analizar entre sexos se encontraron valores de determinación cercanos a 3, esto se encontró tanto en valores para machos y hembras un crecimiento isométrico. Resultado que concuerda con lo reportado con Downton-Hoffmann (2001) en la costa de Baja California Sur, ya que encontraron en la población de *P. productus* valores de b entre los 2.99 y 3.14. Mientras que Collonelo (2009), reporta un crecimiento alométrico positivo en una población de *Z. brevirostris*. para hembras y para machos un crecimiento isométrico, principalmente esto tiene relación con lo obtenido, ya que ambas especies (*Z. brevirostris* y *P. lentiginosus*) son recursos pesqueros que están sujetos a su captura.

Fertilidad

A partir de 168 hembras, se obtuvo el número de ovocitos, teniendo un intervalo de 2-8 en hembras maduras y 2-11 en hembras grávidas. Esto difiere



González Malvárez Mario Alberto

a lo reportado por Hensley et al. (1998), el cual trabajó a partir de 9 hembras de *P. lentiginosus*: 3 grávidas y 6 maduras. Obtuvo intervalo de 4 a 8 ovocitos en hembras maduras y de 9 a 15 ovocitos en hembras grávidas. Juaristi-Videgaray (2016), reportó en hembras de una población de *P. productus* un promedio de 4 a 44 ovocitos, por lo que se observa una gran diferencia respecto al número de ovocitos obtenido, esto puede tener relación con la diferencia de tallas de hembras, puesto que la talla máxima para hembras en el presente estudio fue de 77.5 cm, y en el trabajo de Juaristi-Videgaray reporta una talla máxima de 111.8 cm.

Fecundidad

La selección de fecundidad es uno de los forzantes evolutivos más importantes, actuando para incrementar el tamaño corporal de los organismos (Fairbairn, 2007).

Se observó que la proporción de crías en los úteros variaba, encontrando un promedio de 3 crías en el útero izquierdo y 2 crías en el útero derecho. Esto difiere con lo obtenido por Colonello (2009) el cual reporta en *Z. brevirostris* una fecundidad promedio de 1-2 embriones por hembra, los cuales están distribuidos en el mismo útero.

Mientras que Hensley y colaboradores (1998), reportan en poblaciones de *P. lentiginosus* de Texas y del Golfo de México, una fecundidad de 1-2 crías por hembra. Mostrando que la población de la costa sur de Veracruz cuenta con una mayor fecundidad, sobre las otras poblaciones reportadas. Esto puede estar relacionado con la LT de las hembras, sus índices biológicos, ya que son los parámetros que evidencian en qué condiciones se encuentra la hembra, para llevar a cabo su actividad reproductiva y su posterior almacenaje de lípidos en el hígado, debido a la demanda de nutrientes por parte de las crías.



González Malvárez Mario Alberto

CONCLUSIONES

Las tallas de captura encontradas en las hembras, fueron entre 26.3 a 77.5 cm y para el caso de los machos, 29.2 a 61 cm.

La proporción hembra: macho fue de 1.01H: 0.80 M, siendo las hembras las que predominan en la población reportada en la Costa sur de Veracruz.

El cálculo del IGS obtenido para las hembras mostró el valor más alto el mes de febrero (2.42 ± 2.09). En el caso de los machos mostró el valor más alto el mes de noviembre (1.01 ± 0.88).

El cálculo del IHS obtenido, para el caso de las hembras, mostró el valor más alto en el mes de junio (4.87 ± 1.98).

La talla de primera madurez ($L_{50\%}$) en hembras fue de 48 cm y para el caso de los machos fue de 47 cm.

Se encontraron 3 estadios para las hembras: Inmadura, Madura y Grávida. Para el caso de los machos, se encontraron solo 2 estadios: Inmaduros, Maduros.

Se encontraron 3 estadios de desarrollo embrionario: Temprano, Intermedio y Neonato.

Se encontró una fecundidad representada por una puesta en promedio de 2 a 4 crías por hembra, con una disposición promedio de 3 embriones en el útero izquierdo y 2 embriones en el útero derecho.

La fecundidad por el número de ovocitos, teniendo un promedio de 2 a 8 en hembras maduras y 2-11 en hembras grávidas.



González Malvárez Mario Alberto

LITERATURA CITADA

- Bohemen, Ch. G. van; J. G. D. Lambert and J. Peute (1981). - Annual changes in plasma and liver in relation to vitellogenesis in the female rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *General and comparative Endocrinology*, 44: 94 – 107
- Castro-Aguirre, J.L. and H. Espinosa Pérez. 1996. *Listados faunísticos de México. VII Catalogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha)*. Universidad Nacional Autónoma de México, 75 p.
- Clark, E., & Von Schmidt, K. (1965). Sharks of the central Gulf coast of Florida. *Bulletin of Marine Science*, 15(1), 13-83.
- Colonello, J., 2009. Ecología reproductiva de tres batoideos (Chondrichthyes): *Atlantoraja castelnaui* (Rajidae), *Rioraja agassizi* (Rajidae) y *Zapteryx brevirostris* (Rhinobatidae): implicancias de distintas estrategias adaptativas en un escenario de explotación comercial intensiva. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de la Plata, Argentina. 181.
- Compagno, L.J.V. (1999) Checklist of living elasmobranchs. Sharks, skates, and rays, the biology of elasmobranch fishes: 471–498. Baltimore: John Hopkins University Press, 515 pp.
- Compagno, L.J.V. 2005. Check list of living elasmobranchs. In: W.C. Hamlett (ed.). Sharks, skates and rays, the biology of elasmobranch fishes. Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 471- 498.
- Curiel Godoy, P. (2017). *Ecología trófica de la raya guitarra Pseudobatos productus* (Ayres, 1854), en Bahía Tortugas, Baja California Sur (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
- Daniels, W.W., 2002. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ª Edición. Editorial Limusa. México. 755 pp.
- Del Moral-Flores, L. F., & Pérez-Ponce de León, G. (2013). Tiburones, rayas y quimeras de México. *Biodiversitas*, 111, 1-6.



González Malvárez Mario Alberto

- Del Moral-Flores, L. F., Morrone, J. J., Alcocer, J., & de León, G. P. P. (2016). Diversidad y afinidades biogeográficas de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Revista de Biología Tropical*, 64(4), 1469-1486.
- Downton Hoffmann, C. A. (2001). *Edad y crecimiento del pez guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856) en La Costa Occidental de Baja California Sur, México* (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.).
- Fairbairn, D. J., Blanckenhorn, W. U., & Székely, T. (Eds.). (2007). *Sex, size and gender roles: evolutionary studies of sexual size dimorphism*. Oxford University Press.
- Fowler, S.L., R.D. Cavanagh, M. Camhi, G.H. Burgess, G.M. Cailliet, S.V. Fordham, C.A. Simpfendorfer & J.A. Musick. 2005. Sharks, rays and chimaeras: The status of the chondrichthyan fishes. IUCN/SSC Shark Specialist Group, Switzerland, 461 pp.
- García Núñez, N.E. 2008. *Tiburones: conservación, pesca y comercio internacional*. Edición bilingüe. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid, España. 117 pp.
- Grijalba, M., Acero, P. A., González, E., 2008. Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. *Revista de Biología Marina y oceanografía*, 43(3): 469-481.
- Hamlett WC, M Jezior & R Spieler. 1999. Ultrastructural analysis of folliculogenesis in the ovary in the yellow spotted stingray *Urolophus jamaicensis*. *Annals of Anatomy* 181(2): 159-172.
- Hamlett WC., C.J.P Jones & L.R. Paulesu 2005. Placentatrophly in sharks. *En: Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes, Sharks, Batoid and Chimaeras*, Vol.3 USA 463-502 pp.
- Hensley, R. A., McCoid, M. J., & Luer, C. A. (1998). Litter variation in the Atlantic guitarfish (Rhinobatidae: *Rhinobatos lentiginosus*) with



González Malvárez Mario Alberto
comments on distribution in the Gulf of Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 501-504.

Holden M & D Raitt. 1975. *Manual de ciencia pesquera, métodos para investigar los recursos y su aplicación*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Vol 2. Roma. 221 pp.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).2010. Prontuario de Información geográfica municipal de los Estado Unidos Mexicanos: Alvarado, México Clave geoestadística 15104.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2010. Red list of threatened species. Version 2010.1. <www.iucnredlist.org>.

Juaristi-Videgaray D. 2016. Biología reproductiva del pez guitarra *Pseudobatos productus* (Ayres,1856), en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México, Tesis de maestría. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 54 pp.

Jeziro MR & WC Hamlett. 1994. Ultrastructure of the uterus and shell gland in the yellow spotted ray: A model for reproductive toxicology. *Notre Dame Science Quarterly*23(4): 9-11.

Klippel, S., C.M. Vooren, A.F. Lamónaca & M.B. Peres. 2005. A pesca industrial de Brasil. En: C.M. Vooren & S. Klippel (eds.). *Ações para la conservación de tiburones y rayas del sur de Brasil*. Porto Alegre, pp. 135-178.

Márquez-Farías, J. F. (2007). Reproductive biology of shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* from the eastern Gulf of California México. *Marine Biology*, 151(4), 1445-1454.

McEachran, J.D., & Fechhelm, J.D. 1998. *Fishes of the Gulf of Mexico*, volume 1. University of Texas Press

Mollet, H. F., Cliff, G., Pratt Jr, H. L., & Stevens, J. (2000). Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with



González Malvárez Mario Alberto

comments on the embryonic development of lamnoids. *Fishery Bulletin*, (2).

Musick J.A & J.K. Ellis 2005. Reproductive evolution of Chondrichthyans. En: *Reproductive Biology and Philogeny of Chondrichthyes, Sharks, Batoid and Chimaeras*, Vol 3. USA 45-80 pp.

Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World*. John Wiley & Sons.

Payán, L. F., Navia, A. F., Rubio, E. A., & Mejía-Falla, P. A. (2011). Biología de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Günther, 1867)(Rajiformes: Rhinobatidae) en el Pacífico colombiano. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39(2), 286-296.

Pratt, H.L., Jr. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. U.S. *Fisheries Bulletin*. 77: 445-470

Pratt H. 1988. Elasmobranch gonad structure: A description and survey. *Copeia* 1988(3): 719-72

Pratt Jr, H. L., & Otake, T. (1990). Recommendations for work needrvhed to increase our knowledge of reproduction relative to fishery management. In 'Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries'.(Eds HL Pratt, Jr, SH Gruber and T. Taniuchi.) pp. 509~ 10. United States Department of Commerce. *NOAA Technical Report NMFS Circular*, (90).

Soto-López, K., Ochoa-Báez, R. I., Tovar-Ávila, J., & Galván-Magaña, F. (2018). Reproductive biology of the brown smooth-hound shark, *Mustelus henlei* (Chondrichthyes: Triakidae), off northwestern Mexico based on macroscopic and histological analyses. *Ciencias Marinas*, 44(2), 125-139.

Springer, V. G., & Woodburn, K. D. (1960). *An ecological study of the fishes of the Tampa Bay area* (pp. 1-104). Florida State Board of Conservation, Marine Laboratory.



González Malvárez Mario Alberto

Stobutzki, I.C., M.J. Miller, D.S. Heales & D.T. Brewer. 2002. Sustainability of elasmobranches caught as bycatch in a tropical prawn (shrimp) trawl fishery. *Fisheries Bulletin*, 100: 800-821

Walker TI, Taylor BL, Hudson RJ, Cottier JP. 1998. The phenomenon of apparent change of growth rate in gummy shark (*Mustelus antarcticus*) harvested by gill net and hooks off southern Australia. *Fisheries Reserch*. 39: 139–163

Vazzoler, A.E.A. 1996. *Biologia da reprodução de peixes Teleósteos: teoria e prática*. Editora da Universidade Estadual de Maringa, Maringa, Brasil, 169 pp.

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis/By Jerrold H. Zar* (No. 574.0182 Z3.).