


**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

Trabajo de Graduación

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure, possibly a saint or scholar, holding a book. The shield is set against a background of a globe. The outer ring of the seal contains the Latin text "UNIVERSITAS SAN CAROLINIENSIS" at the top and "ACADEMIA GUATEMALENSIS INTER CETERAS OBIS CONSPICUA" at the bottom.

**Aspectos reproductivos de la raya látigo *Hypanus longus*
(Garman, 1880) de los desembarques de la pesca artesanal
en el Pacífico de Guatemala**

Presentado por


T. A. Jorge Antonio Morales Aguilar

**Para otorgarle el título de
Licenciado en Acuicultura**

Guatemala, enero de 2021

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

Trabajo de Graduación

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure, possibly a saint or scholar, holding a book. The shield is set against a background of a globe. The outer ring of the seal contains the Latin motto "SICUT ERAS SOBIBIS CONSPICUA CAROLINA ACADUMIA COACTEMALTEPEC" in capital letters.

**Aspectos reproductivos de la raya látigo *Hypanus longus*
(Garman, 1880) de los desembarques de la pesca artesanal
en el Pacífico de Guatemala**

Presentado por

T. A. Jorge Antonio Morales Aguilar

**Para otorgarle el título de
Licenciado en Acuicultura**

Asesor: M. Sc. José Roberto Ortiz

Guatemala, enero de 2021

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Consejo Directivo

Presidenta	Dra. Juana Lorena Boix Morán
Secretario	Dr. Pedro Julio García Chacón
Representante Docente	M. Sc. Norma Edith Gil Rodas de Castillo
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas	Licda. Liliana Maricruz Maldonado Noriega
Representantes Estudiantiles	T. A. Karol Rubí Rivas Díaz T. A. Alejandra Raquel Contreras Perdomo

La directora del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación del estudiante universitario **Jorge Antonio Morales Aguilar**, titulado “Aspectos reproductivos de la raya látigo *Hypanus longus* (Garman, 1880) de los desembarques de la pesca artesanal en el Pacífico de Guatemala”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.
IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Dra. Juana Lorena Boix Morán

Guatemala, noviembre 2020

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del asesor M.Sc. José Roberto Ortiz, al trabajo de graduación del estudiante universitario **Jorge Antonio Morales Aguilar**, titulado “Aspectos reproductivos de la raya látigo *Hypanus longus* (Garman, 1880) de los desembarques de la pesca artesanal en el Pacífico de Guatemala”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón

Guatemala, noviembre 2020

Agradecimientos

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi Alma Mater, una casa de estudio con grandes valores morales y sociales, que forma profesionales que contribuyen con el desarrollo de Guatemala.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, por abrirme sus puertas, por desarrollar mi conocimiento y pasión para contribuir con la investigación, protección, conservación y manejo de los recursos hidrobiológicos del país.

A mi asesor, M. S.c. José Roberto Ortiz, por su amistad, dedicación, acompañamiento en cada paso de esta investigación y por compartir su conocimiento para elaborar un trabajo de calidad.

A mis colegas, el M. S.c. Cristopher Avalos, al Licenciado Emanuel Polanco, por su amistad, apoyarme durante los muestreos de campo y brindarme su conocimiento para seguir formándome como profesional.

A la comunidad pesquera de Sipacate, por colaborar en la toma de datos para esta investigación y crear vínculos de amistad durante mi estancia.

Acto que dedico

- A Dios Por siempre guiarme en el buen camino, por darme la oportunidad de estudiar esta magnífica carrera, y por todas las bendiciones que derramas en mi camino para alcanzar el éxito.
- A mis padres Adalberto Morales y Soila Aguilar, por ser mi máximo ejemplo de honestidad, paciencia, perseverancia, esfuerzo, amor y apoyo. Me han dado las herramientas perfectas con su educación, su desvelo, su ayuda incondicional y su amistad, GRACIAS.
- A mis hermanas Priscila y Nahomi, por estar presente en cada momento de mi vida, siendo mis aliadas y mis grandes amigas.
- A mi familia Por ser incondicionales, mis compañeros de juegos, aventuras y risas. Por estar presentes en cada momento y ser quienes brindan su apoyo sin esperar nada a cambio.
- A mis amigos Por ser mis los acompañantes en cada aventura y travesía donde la vida nos ha llevado, compartiendo momentos de alegría, diversión, estrés, tristeza.
- A mis catedráticos Por sembrar la semilla del conocimiento en mí y de esta manera contribuir al desarrollo del país.

Resumen

La pesca de la raya látigo *Hypanus longus* (Garman, 1880) en el Pacífico de Guatemala se realiza de forma artesanal y ha pasado de ser una especie de captura incidental, a una especie objetivo; esto debido a la disminución en las capturas de otras especies de peces de mayor valor comercial y a la creciente demanda de su carne para el mercado nacional. Esta actividad se realiza sin considerar criterios biológicos esenciales para el mantenimiento del stock. Aunado a ello, *H. longus* es una especie particularmente sensible, ya que, como el resto de batoideos, presenta características como: 1) madurez sexual tardía, 2) ciclos reproductivos largos y 3) baja fecundidad. Por lo anteriormente descrito, el presente estudio busco determinar los principales aspectos de la biología reproductiva de la raya látigo, para que puedan ser considerados al momento de la formulación de medidas y estrategias de ordenamiento pesquero. Se llevaron a cabo 11 muestreos de los desembarques de la pesca artesanal de la comunidad de Sipacate, del departamento de Escuintla, durante el período de mayo 2019 a marzo 2020. En cada una de las visitas de campo se registró la información morfométrica (ancho de disco, largo de disco, peso total y evaluación de las características sexuales, como sexo, longitud y estado de calcificación del clasper y estado de maduración) de la mayor cantidad de organismos de *H. longus*. Se registraron un total de 336 organismos de los cuales el 50.30% fueron hembras y el 49.70% machos, evidenciando que la proporción entre sexos no presenta diferencia significativa, donde X_c^2 es < 3.84 (X^2 Yates (calc) = 0.003), esto indica que la proporción sexual es de (1:1). La distribución de tallas para las hembras presento un rango entre 22 a 150 cm de AD (82.53 ± 22.24) y un Pt entre 1.81 – 83.72 kg (18.31 ± 15.14). Los machos presentaron una distribución unimodal, con tallas entre 23 a 98 cm de AD (76.85 ± 11.86) y un Pt entre 1.30 a 25.21 kg (13.03 ± 4.72). Se evidenció que no hay diferencia significativa con relación al AD para hembras y machos ya que el valor de p es > 0.05 (Kruskal Wallis, $p= 0.2129$). La ecuación que describe la relación entre el AD y Pt fue calculada por separado y es de tipo potencial. Para las hembras esta se expresa como $y = 0.0324x^{2.9585}$ donde $a = 0.0324$, $b = 2.9585$ y un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9912$. Para los machos esta se expresa como $y = 0.0451x^{2.8807}$ donde $a = 0.0451$, $b = 2.8807$ y un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9781$. El coeficiente de alometría b evidenció un crecimiento del tipo isométrico para ambos sexos. La talla de primera madurez sexual (L_{50})

fue estimada para ambos sexos por separado, mediante la evaluación externa e interna de los aparatos reproductores. En el caso de las hembras se evaluó el desarrollo de la histotrofia lipídica, el tamaño del útero y la presencia de embriones, para los machos se evaluó el tamaño y la calcificación de los claspers, así como la presencia de esperma y el desarrollo de los testículos, calculando para las hembras una $L_{50}=88.2$ cm AD y de $L_{50}=79.3$ cm AD para los machos. Finalmente, este estudio determinó que las tallas con mayor incidencia en las capturas fueron de 65 a 100 cm AD para hembras y de 63 a 93 cm AD para machos, evidenciando que el 74.53% de las hembras y el 44.70% de los machos son capturados por debajo de la talla de primera maduración sexual.

Palabras clave: Sipacate, Dasyatidae, Talla de primera madurez sexual, trofonemata.

Abstract

Fishing for the whip ray *Hypanus longus* (Garman, 1880) in the Pacific of Guatemala is carried out in an artisanal way and has gone from being a species of bycatch to a target species; This is due to the decrease in the catches of other species of fish of higher commercial value and the growing demand for their meat for the national market. This activity is carried out without considering essential biological criteria for the maintenance of the stock. In addition to this, *H. longus* is a particularly sensitive species, since, like the rest of batoids, it presents characteristics such as: 1) late sexual maturity, 2) long reproductive cycles and 3) low fertility. Due to the above described, this study seeks to determine the main aspects of the reproductive biology of the whip ray, so that they can be considered when formulating measures and strategies for fisheries management. 11 samplings of the landings of artisanal fishing in the community of Sipacate, Escuintla department, were carried out during the period from May 2019 to March 2020. In each of the field visits the morphometric information (width of disc, disc length, total weight and the evaluation of the sexual characteristics, sex, length and state of calcification of the clasper and state of maturation) of the largest number of *H. longus* organisms. A total of 336 organisms of the of which 50.30% were females and 49.70% males, showing that the proportion between the sexes does not present a significant difference, where χ^2 is < 3.84 (χ^2 yachts (calc) = 0.003), this indicates that the sexual proportion is (1: 1 The distribution of sizes for the females presented a range between 22 to 150 cm AD (82.33 ± 22.27) and a Pt between 1.81 - 65.13 kg (19.16 ± 14.56). The males presented a unimodal distribution, with sizes between 23 to 98 cm AD (76.91 ± 11.45) and a Pt between 1.30 to 25 kg (13.42 ± 4.36). It was evidenced that there is no significant difference in relation to AD for females and males since the value of p is > 0.05 (Kruskal Wallis, $p = 0.2129$). The equation that describes the relationship between AD and Pt was calculated separately and is of the potential type. For females this is expressed as $y = 0.0324x2.9585$ where $a = 0.0324$, $b = 2.9585$ and a correlation coefficient of $R^2 = 0.9912$. For males this is expressed as $y = 0.0451x2.8807$ where $a = 0.0451$, $b = 2.8807$ and a correlation coefficient of $R^2 = 0.9781$. The coefficient of allometry b evidenced an isometric growth for both sexes. The height at first sexual maturity (L_{50}) was estimated for both sexes separately, by external and internal evaluation of the reproductive systems. In the case of females, the

development of lipid histotrophy, the size of the uterus and the presence of embryos were evaluated, for males the size and calcification of the claspers was evaluated, as well as the presence of sperm and the development of the testicles, calculating $L_{50} = 88.2$ cm AD for females and $L_{50} = 79.3$ cm AD for males. Finally, this study determined that the sizes with the highest incidence in captures were 65 to 100 cm AD for females and from 63 to 93 cm AD for males, showing that 74.53% of females and 44.70% of males are captured below the size of first sexual maturity.

Key words: Sipacate, Dasyatidae, Size of first sexual maturity, trophonemate.

Índice de contenido

1	Introducción	1
2	Marco teórico y estado del arte	3
	2.1. Marco teórico	3
	2.1.1. Clase Chondrichthyes	3
	2.1.2. Superorden batoidea	3
	2.1.3. Familia Dasyatidae	4
	2.1.4. Aspectos biológicos y reproductivos de <i>H. longus</i>	5
	2.1.5. El recurso raya en Guatemala	6
	2.2. Estado del arte	7
3	Objetivos	10
4	Materiales y métodos	11
	4.1. Área de estudio	11
	4.1.1. Delimitación espacial	11
	4.1.2. Delimitación temporal	12
	4.2. Tipo de investigación	12
	4.3. Muestreo y selección de muestra	12
	4.4. Definición de variables	13
	4.5. Procedimiento	14
	4.5.1. Peso total (Pt)	14
	4.5.2. Medidas longitudinales	14
	4.5.3. Estado de maduración sexual	14
	4.6. Análisis de la información	17
	4.6.1. Tipo de crecimiento	17
	4.6.2. Proporción de sexos	17
	4.6.3. Estadios de madurez	17
	4.6.4. Talla de primera madurez sexual	18
5	Resultados	19
	5.1 Proporción sexual	19
	5.2 Distribución de tallas	19

5.3	Relación talla peso	21
5.4	Variación de los estados de maduración	22
5.5	Talla de primera maduración (L ₅₀)	23
6	Discusión de resultados	25
7	Conclusiones	29
8	Recomendaciones	30
9	Referencias Bibliográficas	31
10	Anexo	

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i>	Distribución de <i>Hypanus longus</i> (Smith, 2016)	6
<i>Figura 2.</i>	Ubicación geográfica del área de estudio en el embarcadero público de Sipacate	11
<i>Figura 3.</i>	Relación de sexos para <i>Hypanus longus</i> capturadas en Sipacate	19
<i>Figura 4.</i>	Distribución de tallas de hembras de <i>Hypanus longus</i> capturados en Sipacate	20
<i>Figura 5.</i>	Distribución de tallas de machos de <i>Hypanus longus</i> capturados en Sipacate	20
<i>Figura 6.</i>	Relación AD - Pt para hembras de <i>Hypanus longus</i> capturadas en Sipacate	21
<i>Figura 7.</i>	Relación AD - Pt para machos de <i>Hypanus longus</i> capturadas en Sipacate	21
<i>Figura 8.</i>	Estados de maduración por mes de muestreo para hembras de <i>Hypanus longus</i> , capturados en Sipacate	22
<i>Figura 9.</i>	Estados de maduración por mes de muestreo para machos de <i>Hypanus longus</i> , capturados en Sipacate	23
<i>Figura 10.</i>	Talla de primera maduración sexual (L ₅₀) para hembras de <i>Hypanus longus</i> capturados en Sipacate	24
<i>Figura 11.</i>	Talla de primera maduración sexual (L ₅₀) para machos de <i>Hypanus longus</i> capturados en Sipacate	24

Índice de tablas

Tabla 1.	<i>Estadios e índice de madurez identificados para hembras de Hypanus longus a partir de las características macroscópicas de las estructuras reproductivas. o: ovario; go: glándula oviducual; u: útero</i>	13
Tabla 2.	<i>Estadios e índice de madurez identificados para machos de Hypanus longus a partir de las características macroscópicas de las estructuras reproductivas. t: testículos, ce: conductos extra testiculares, vs: vesícula seminal</i>	15
Tabla 3.	<i>Tabla de las variables de estudio y sus indicadores</i>	16
Tabla 4.	<i>Variabes biológicas de H. longus obtenidas en diferentes estudios realizados a lo largo de su zona de distribución.</i>	26

1. Introducción

Los condriictios (Chondrychthyes) son una clase de vertebrados conocidos como peces cartilagosos, en la que se incluyen las subclases Elasmobranquii (tiburones y rayas) (Espinoza et al., 2018). Durante los años ochenta los elasmobranquios eran capturados de forma incidental y debido a su bajo valor comercial eran liberados (Barker & Schluessel, 2005). En la actualidad, el aumento en la demanda de la carne, aletas y otros subproductos de estos organismos, ha provocado que la pesca de elasmobranquios se realice de manera dirigida para ciertas especies (Barker & Schluessel, 2005; Ebert et al., 2013; Kitchell et al., 2002; Walker, 1998).

Las rayas al igual que los tiburones son considerados especies vulnerables a la sobre explotación debido a sus aspectos biológicos inherentes como crecimiento lento, madurez sexual tardía, ciclos reproductivos largos y baja fecundidad (Morales et al., 2004; Walker, 1998), estos factores hacen que las poblaciones de rayas no resistan la presión pesquera y a nivel de especie, la pesca puede alterar la estructura de tallas y los parámetros poblacionales en respuesta a cambios en la abundancia (Stevens et al., 2000).

Específicamente en Guatemala, se sabe que existen por lo menos cuatro tipos de flotas pesqueras que actualmente ejercen presión directa o indirecta sobre las poblaciones de rayas en el litoral Pacífico, en las que se pueden incluir, la flota industrial, artesanal comercial, la flota dirigida a la captura de escama y la pesca de arrastre de camarón, siendo la pesca artesanal la que se desarrolla de forma dirigida a este recurso, generando empleo e ingresos en zonas costeras a menudo marginales (Ixquiac et al., 2009), estas pesquerías están compuestas por lo menos de tres especies explotadas comercialmente: *Rhinoptera steindachneri* (Evermann & Jenkis, 1892) y rayas del genero *Dasyatis*, actualmente clasificadas como género *Hypanus* (Last, et al., 2016), *Hypanus brevis* (Garman, 1979) e *Hypanus longus* (Garman, 1880) (Ixquiac et al., 2010).

Durante los últimos años se ha evidenciado que la raya látigo *H. longus* es la especie con mayor incidencia en las capturas de la pesca artesanal de elasmobranquios en dos de las principales comunidades pesqueras del Pacífico guatemalteco, Las lisas y Sipacate, representando el 47.48% y el 56.66% del total capturado respectivamente (Avalos, 2019). En estas comunidades la pesca de rayas es una actividad que se desarrolla en aguas costeras con el uso de embarcaciones tipo tiburoneras fabricadas en fibra de vidrio con capacidad de entre ocho y 14 quintales de pescado, empleando la combinación de dos artes de pesca, la cimbra o palangre y en menor medida el trasmallo (IARNA, 2018). A pesar del uso de estas artes de pesca, la cimbra o palangre ha demostrado ser la más efectiva, registrando organismos con tallas mayores, sin embargo, se ha evidenciado que la mayoría de rayas capturadas son organismos inmaduros.

A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos años para el estudio de las poblaciones de rayas en el Pacífico de Guatemala, esta actividad sigue siendo poco documentada y los registros de capturas son pobres (Ixquiac, 2009). Para resolver problemas relacionados al manejo sostenible de los recursos pesqueros, es fundamental generar conocimientos biológico-pesqueros de las diferentes especies sujetas a explotación, y es imprescindible contar con bases de datos que permitan analizar las condiciones poblacionales (Musick et al., 2004). Debido a la importancia socio-económica que ocupa la pesca artesanal de la raya látigo en las comunidades costeras del litoral Pacífico, es necesario resolver problemas relacionados con su biología, antes que se pueda conseguir una supervisión y ordenamiento eficaz (Ixquiac et al., 2009), ya que al contar con información sobre su biología reproductiva como parte de una línea base de conocimientos científicos, se permitirá a las instituciones nacionales establecer medidas de ordenamiento pesquero como vedas espacio-temporales o regulaciones en cuanto a tallas mínimas de captura (Walker, 2004).

2. Marco teórico y estado del arte

2.1. Marco teórico

2.1.1 Clase Chondrichthyes

Los Condriictios (Chondrichthyes) son una clase de vertebrados conocidos como peces cartilagosos, en la que se incluyen las subclases Elasmobranquios (tiburones, rayas) y Holocefalos (quimeras); entre ambas subclases se estima que existen aproximadamente 900 especies, la mayoría marinas y algunas de agua dulce o eurihalinas. Son un grupo de organismos que cumplen un importante papel ecológico en los ecosistemas que habitan (UNAM, 2011). Los condriictios presentan un cuerpo muy hidrodinámico sostenido por un esqueleto cartilaginoso que, a pesar de ser menos resistente que el hueso, es suficiente para sustentar a algunos de los animales marinos más grandes; presentan aletas rígidas, piel áspera con escamas placoides y potentes mandíbulas provistas de una interminable provisión de dientes trituradores que no están fusionados a la mandíbula y se reemplazan en series continuamente (Canudo, & Cuencas, 1995). No poseen opérculo, por lo que es necesario que naden para mantener el flujo de agua a través de las branquias; carecen también de una vejiga natatoria, en su lugar poseen un hígado con altas concentraciones de lípidos que facilita su flotación en las columnas de agua. Todos los condriictios son depredadores, pero las especies más grandes se alimentan del zooplancton que filtran con sus estructuras branquiales mientras nadan con la boca abierta (Geofrik, 2013).

2.1.2 Superorden batoidea

Se contemplan como Batoideos a las rayas, rajiformes y pristiformes, entre los que se incluyen: el pez guitarra, el pez sierra y la raya eléctrica. Las rayas se caracterizan por tener un cuerpo aplanado dorso-ventralmente, hendiduras branquiales en posición ventral, falta de aleta anal y aletas pectorales fusionadas a la cabeza, que forman un disco (McEachran, & Carvalho, 2002). Se han descrito tres grupos diferenciados de acuerdo a su modo reproductivo: los ovíparos, quienes están representados por la familia Rajidae (Rajiformes), los vivíparos con saco vitelino, representados por Torpediniformes, Pristiformes y algunos Rajiformes; y los vivíparos con histotrofia lipídica, representados por los Myliobatiforme (Aschliman, et al., 2004).

A nivel mundial los batoideos presentan una gran variedad de grupos taxonómicos, con tallas muy variadas que pueden ir desde 25 cm hasta más de 6 m (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018). Existen unas 450 especies agrupadas en 17 familias y 56 géneros, estos grupos no han sido estudiados a profundidad por lo que es probable que estos datos puedan variar en el futuro. Para la región centro-oriental se registran 11 familias, 20 géneros y 42 especies de las cuales, FAO reporta aproximadamente 20 especies para Guatemala (FAO, 1994).

2.1.3 Familia Dasyatidae

La familia Dasyatidae comprende a las rayas batonas que poseen un tamaño moderado a grande (30 cm – 2 m); se caracterizan por presentar un disco angular o redondo, disco bastante aplanado, el ancho del cual no es más de 1.3 veces el largo; pectorales continuadas con la cabeza, que no está separada o diferenciada del resto del disco; ojos y espiráculo encima de la cabeza, boca y hendiduras branquiales ventrales; el Piso de la boca tiene papilas carnosas; las mandíbulas presentan diferentes romos o puntiagudos en muchas series, formando bandas; poseen narinas con una cortina grande con volantes entre ellas y la boca (Berg, 1958). No poseen aletas dorsales, pero algunas especies tienen pliegues caudales, la cola es un poco delgada a muy delgada en forma de látigo, más largas que el disco y generalmente con una o más espinas de gran tamaño en la superficie dorsal, serradas y venenosas, la piel en la parte dorsal es lisa o provista de tubérculos, espinas o dentículos (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales [ISIT], 2015).

La mayoría de especies de rayas látigo se encuentran en aguas costeras, estuarios, en frente de playas y bocas de ríos, se pueden encontrar en fondos planos de arena y lodo. Pocas especies se encuentran en los arrecifes de coral y varias habitan en aguas dulces. Las rayas látigo se alimentan de una variedad de organismos bentónicos de fondos arenosos y lodosos, incluyendo cangrejos, camarones, poliquetos, moluscos y peces. Son vivíparos, y las crías presentan características morfológicas de los adultos. Las rayas látigo habitan en todos los mares tropicales y subtropicales, se conocen cerca de seis géneros y 70 especies (ISIT, 2015).

Recientemente, se realizaron estudios filogenéticos soportados con datos morfológicos indicando que la familia Dasyatidae no es un grupo monofilético. Dicho estudio fue soportado con análisis moleculares usando el gen NADH2 de 77 especies, junto con análisis previos basados en la comparación del genoma mitocondrial. Este análisis produjo cambios en la taxonomía del grupo, con la creación de siete “nuevos” géneros: *Megatrygon* y *Telatrygon* agrupados en Dasyatinae; *Brevitrygon*, *Fluvitrygon*, *Fontitrygon*, *Maculabatis* y *Pateobatis* arreglados en Urogymninae, y en una rama adicional, los géneros *Bathytoshia*, *Hemitrygon* e *Hypanus* insertados en Dasyatinae fueron “resucitados” a partir del sinónimo de *Dasyatis*. Por ello en el presente trabajo se utiliza el nombre de *H. longus* para hacer referencia a la raya látigo (Last, et al., 2016).

2.1.4 Aspectos biológicos y reproductivos de *H. longus*

La raya látigo, *H. longus* es un batoideo que presenta un modo reproductivo de tipo vivíparo con histotrofia lipídica, que consiste en la secreción de proteínas y lípidos en el útero, mediante estructuras llamadas villis uterinos o trofonemata, éstas se introducen en el embrión a través de la boca, branquias y espiráculo para proporcionar los nutrientes necesarios durante el desarrollo embrionario (Hamlett, 2005; White, et al., 2001). Esta especie comparte características biológicas del resto de los batoideos, madurez tardía, ciclos reproductivos largos, baja fecundidad y alta longevidad, lo cual la hace susceptible a la sobreexplotación (Jiménez, 2017). La combinación de estos factores lleva a que las poblaciones naturales impactadas fuertemente por la pesca presenten un repoblamiento lento, y que se requiera de muchos años para su eventual recuperación (Caldas, et al., 2010).

H. longus se distribuye desde el Este del Pacífico mexicano, hasta las costas de Colombia incluyendo las islas Galápagos (Figura 1). Es una especie, que habita principalmente en fondos arenosos, lodosos y rocosos y es de hábitos bentónicos y costeros, habita desde los 0 hasta los 90 m de profundidad (Smith, 2016), y es frecuentemente confundida en la pesca, con su especie simpátrica *Hypanus dipterurus* (Jordan, & Gilbert, 1880), la segunda especie más capturada en el área con fines comerciales (Smith, et al., 2008; Smith, 2016).



Figura 1. Distribución de *Hypanus longus* (Smith, 2016)

2.1.5 El recurso rayas en Guatemala

En 2010 estudios indican que en Guatemala existen por lo menos tres tipos de flotas pesqueras que actualmente ejercen presión sobre las poblaciones de rayas del litoral Pacífico (Ixquiac, 2009). Estas pesquerías están compuestas de por lo menos tres especies de rayas explotadas comercialmente de forma dirigida. Las especies más representativas son: *Dasyatis brevis* (Garman, 1880), *Dasyatis longus* (Garman, 1880), *Mobula japonica* (Müller, & Helen, 1841) y otras cuatro las cuales no son muy frecuentes en los desembarques: *Aetobatus narinari* (Eupharasen, 1790), *Rhinoptera steindachneri* (Evermann, & Jenkins, 1891), *Rhinobatos leucorhynchus* (Günther, 1867) y *Narcine entemedor* (Jordan, & Starks, 1895) (Ixquiac, 2010).

Una de las principales flotas que desarrollan la pesca de rayas en el Pacífico se encuentra en El Parque Nacional Sipacate Naranja (PNSN). Esta actividad se realiza de forma artesanal y de subsistencia en embarcaciones con motor fuera de borda pequeños a una distancia de 10 millas náuticas de la costa, las faenas de pesca tienen una duración de 2 a 3 días. Según el reglamento de la ley de pesca y Acuicultura, la actividad de subsistencia es la que se realiza sin embarcaciones o con embarcaciones que no excedan de cero puntos cuarenta y cinco (0.45) toneladas de registro neto, sin fines de lucro y con propósito de consumo directo. La pesca

artesanal es la actividad que se realiza sin embarcaciones o con embarcaciones entre cero puntos cuarenta y seis (0.46) toneladas y cero puntos noventa y nueve (0.99) toneladas de registro neto (Instituto de Investigación y Proyección sobre el Ambiente y Sociedad [Iarna], 2018).

La extracción excesiva de tiburones y rayas, los amplios patrones de migración de algunas especies, las características particulares de su historia de vida como tasas de crecimiento lentas, maduración tardía (4 a 20 años de edad), baja fecundidad (2 a 25 embriones) y ciclos reproductivos largos (de 1 a 3 años), hacen que la conservación de estos animales sea una tarea compleja (Musick et al., 2004). En Guatemala, la pesca de rayas se desarrolla de forma dirigida en flotas artesanales y comerciales. Sin embargo, los registros de capturas son pobres en cuanto a rayas, por lo que hay que resolver problemas relacionados con las especies como su biología, antes de que se pueda conseguir una supervisión, investigación y ordenamiento eficaz (Ixquiac, 2009).

En algunos países, como Costa Rica y Ecuador la raya látigo ha empezado a comercializarse con el fin de exportar su carne a México, su gran tamaño y peso, hacen de esta especie una de las más atractivas para el comercio (Amador, 2010). Aunque en Guatemala, en el pasado, la mayoría de los pescadores liberaban las rayas que eran retenidas en las artes de pesca, hoy en día cada vez son más los pescadores que hacen uso de estos organismos, siendo el principal uso el autoconsumo, sin embargo, algunos pescadores logran comercializarlas ya sea en fresco o en seco (Ixquiac, 2010). En la actualidad *H. longus* se encuentra incluida en la Lista Roja de la UICN como una especie cuyas poblaciones cuentan con datos deficientes para evaluar su estado de conservación (Garro, 2014).

2.2. Estado del arte

La raya látigo *H. longus*, es un organismo poco estudiado, y los estudios existentes en su área de distribución son escasos (Pacífico Oriental Tropical), en Costa Rica se realizó un estudio sobre las principales rayas capturadas de manera incidental, reportando que las rayas más frecuentes en las capturas son las de la familia *Dasyatidae* (Garro, 2014). En dicho estudio se menciona que por su bajo valor económico la mayoría de veces las rayas son liberadas, pero

que en muchas localidades las rayas son comercializadas a bajo precio y que una de las especies con mayor importancia es la raya látigo *H. longus*. Esta especie reporta una incidencia del 75.7% en las faenas de pesca, y cuya carne se ha empezado a comercializar a México (Amador, 2010). El estudio indica que el intervalo de tallas de las rayas capturadas es de 60 – 119 cm de ancho de disco (AD) y una proporción de sexo de 3:1 (M:H). De esta misma manera en los últimos años para el Pacífico ecuatoriano, se reporta a *H. longus* como una de las cinco especies de elasmobranquios más capturada por la demanda de su carne y sus espinas utilizadas en la elaboración de artesanías (Guerrón, 2007).

Por otra parte, en el Pacífico colombiano se realizaron investigaciones sobre el crecimiento de la raya látigo indicando que estas poseen un crecimiento isométrico y una talla máxima de 166.3 cm AD, proporción sexual de 1:1 y talla media de madurez de 120 y 92 cm AD para hembras y machos, respectivamente (López, 2009). Para la misma región se indica que la raya látigo se alimenta principalmente de peces y camarones, asimismo, la dieta varía en función de la talla, los juveniles se alimentan principalmente de camarones, los sub adultos de peces y los adultos de estomatópodos (López, et al. 2012).

En relación a sus aspectos biológicos estudios concluyeron a partir de análisis de productividad biológica basados en características de historia de vida, que *H. longus* presenta una baja resiliencia ante posibles eventos de sobreexplotación (Cheung, et al., 2015). Por otra parte, un estudio sobre aspectos reproductivos y de crecimiento de la raya látigo *H. longus*, en la Bahía de la Paz, Baja California Sur, México; reporto que *H. longus* posee un modo reproductivo de tipo vivíparo con histotrofia lipídica o trofonemata, y que comparte características biológicas del resto de los batoideos, en el mismo estudio se reportan tallas menores a las registradas en el Pacífico colombiano, y para esta región reportan una proporción sexual de 1:1, presentando tallas de entre 29 a 102 cm de AD para hembras y 39.4 a 97 cm AD para machos, estimando la talla asintótica para esta especie en esta región de 115.8 cm AD para hembras y 102.1 cm AD para machos, (Jiménez, 2017).

En el Pacífico guatemalteco, la primera investigación sobre batoideos fue realizada por Ixquiac, Franco-Arenales, Lemus, Méndez, & López-Roulet, (2009), quienes identificaron las

principales especies de batoideos en la zona y con base en la abundancia de la captura determinaron la distribución espacial de batoideos en el área. Dentro de los resultados presentados en el estudio, se menciona que al menos 15 especies de rayas son capturadas por la pesca artesanal. Finalmente, los autores mencionan que las especies que conforman principalmente los desembarques son: *Rhinoptera steindachneri* (Evermann, & Jenkins, 1892) *Dasyatis brevis* (Garman, 1879) y *Dasyatis longus* (Garman, 1880).

En 2018, El Instituto de Investigación y Proyección sobre el Ambiente y Sociedad (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala, a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), desarrollaron la propuesta para la reconversión de artes y/o prácticas de pesca no amigables con la diversidad biológica marino-costera en el área de Conservación Marino-Costera Sipacate-Naranjo. Este estudio evidenció que la pesca de rayas se realiza con embarcaciones tipo tiburonerías de 21-25 pies de eslora en aguas marinas, a distancias no mayores a 10 millas náuticas de la costa y que la especie con mayor incidencia en las capturas es la raya látigo *H. longus*. El estudio reportó que el arte de pesca utilizado en la captura de esta especie es la Cimbra o Palangre, que consiste en una línea madre de monofilamento en la que cuelgan líneas secundarias conocidas como reinales, con hasta 1150 anzuelos del tipo media garra y garra de águila. Finalmente, los resultados del estudio revelaron que existe diferencia significativa entre la talla promedio de captura entre estos tipos de anzuelo y aunque ambos anzuelos capturan individuos por debajo de la talla de primera madurez, es el anzuelo de media garra el que presenta captura de organismos con tallas mayores (Iarna, 2018).

El estudio más reciente fue realizado por Avalos en 2019, titulado: “Caracterización de la pesquería de elasmobranquios e identificación de áreas de crianza potenciales en dos comunidades del Pacífico de Guatemala”, cuyo objetivo era el monitoreo de los desembarques de elasmobranquios por parte de la pesca artesanal. El estudio reportó un total de 773 elasmobranquios capturados, pertenecientes a 13 especies, siete especies de tiburones y seis especies de rayas, de las cuales se reporta que *H. longus* es la especie con mayor porcentaje de incidencia en las capturas, con el 47.48% del total para el área de Las Lisas y del 56.66% del total para el área de Sipacate (Avalos, 2019).

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Describir los aspectos reproductivos de la raya látigo *H. longus* de los desembarques de la pesca artesanal del municipio de Sipacate en el litoral Pacífico de Guatemala.

3.2. Objetivos específicos

- Estimar la proporción sexual de *H. longus* de los desembarques de la pesca artesanal del municipio de Sipacate.
- Determinar la época de mayor reproducción de la raya látigo *H. longus* en el período de mayo de 2019 a julio de 2020.
- Determinar la talla de primera madurez sexual de la raya látigo *H. longus*.

4. Materiales y métodos

4.1. Área de estudio

4.1.1. Delimitación espacial

La investigación se llevó a cabo en la comunidad de Sipacate del departamento de Escuintla, en la República de Guatemala (Figura 2). Su ubicación geográfica es Latitud: 13°55'11" N Longitud: 91°15'11" W (Avalos, 2019). Limita al norte con La Gomera –Escuintla- y al sur con el océano Pacífico y el estero Sipacate, se localiza a 5 m.s.n.m (Guatepymes, 2017).



Figura 2. Ubicación geográfica del embarcadero público de Sipacate

4.1.2. Delimitación temporal

Se realizaron 11 muestreos de manera mensual durante el período de mayo de 2019 a marzo del 2020, durante los cuales se llevaron a cabo giras de campo con duración de uno a dos días, en cada visita de campo se registró la información morfométricas (ancho de disco AD, largo de disco LD, peso total Pt y la evaluación de las características sexuales (sexo, longitud y estado de calcificación de los claspers y estado de maduración) de la mayor cantidad de organismos de *H. longus*.

4.2. Tipo de investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, al utilizar la recolección y el análisis de datos para cumplir con los objetivos planteados y contestar la pregunta de investigación. De igual manera se utilizó la estadística descriptiva para establecer con exactitud, patrones de comportamiento de la especie basados en sus aspectos reproductivos.

4.3. Muestreo y selección de la muestra

Para realizar la investigación se seleccionó la comunidad de Sipacate por ser parte de las principales áreas de pesca en el Pacífico de Guatemala (Avalos, 2019). Se realizó un muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia, seleccionando la muestra disponible en el tiempo o periodo de investigación (Espinoza, 2015). El tamaño de la muestra estuvo sujeto del número de rayas capturadas por los pescadores artesanales, siendo el número mínimo de muestra requerido por muestreo de 20 organismos.

4.4. Definición de variables

Tabla 1

Variables morfométricas y características sexuales

Variable	Definición operativa	Indicador
Ancho de disco (AD)	Distancia transversal existente entre los ápices de las aletas fusionadas	Centímetros
Largo de disco (LD)	Distancia longitudinal existente entre la cabeza y el final de la aleta fusionada	Centímetros
Peso total (Pt)	Medida del peso en gramos de un organismo	Gramos
Longitud de clasper (LC)	Longitud total del gonopterigio, desde su ápice hasta la unión con el cuerpo	Centímetros
Sexo	Dimorfismo sexual existente en una especie	Hembra/Macho
Estado de calcificación del clasper	Estado del endurecimiento y rotación del gonopterigio	Calcificado/ no Calcificado
Estado de maduración sexual	Estado de maduración gonadal	Maduro/inmaduro

4.5. Procedimiento

De los organismos capturados se tomaron las medidas biométricas correspondientes, registrando en una tabla de datos el peso total, ancho de disco, longitud de disco, sexo, longitud del clasper y el estado de maduración sexual.

4.5.1. Peso total (Pt)

Para la toma del peso de cada organismo se utilizó una cuerda de 68 cm de largo con un nudo en ambos extremos, de tal manera que cada nudo forme un ojal por el cual se podrá colgar a las rayas a través de sus opérculos al gancho de una balanza electrónica con capacidad de 100lb (45.35kg), la balanza electrónica se colocó a través de un tubo de acero inoxidable y se suspendió del suelo a las rayas, tomando así el peso total de los organismos.

4.5.2. Medidas longitudinales

Con el uso de una cinta métrica de precisión, de la marca Noechnimass con 150 cm de longitud, se tomaron las medidas longitudinales correspondientes: ancho de disco AD (de extremo a extremo del organismo de forma transversal), largo de disco LD (a partir del ápice del hocico hasta el final de las aletas anales del organismo de forma longitudinal), y en caso de ser machos, se midió el largo del clasper (a partir de la base del clasper, por debajo de la aleta anal).

4.5.3. Estado de maduración sexual

El estado de maduración sexual se evaluó por separado para hembras y para machos mediante la observación macroscópica del aparato reproductor. Para determinar el estado de desarrollo sexual se utilizaron las escalas de maduración sexual planteadas por Jiménez (2017) para machos y hembras de *H. longus* (Tablas 2 y 3).

Los organismos muestreados se clasificaron como: estadio I (inmaduro) y estadio II (maduro). En el caso de los machos se evaluó externamente el tamaño, la calcificación, y la presencia de esperma de los claspers, e internamente el desarrollo de los testículos, para hembras se

observó el desarrollo y coloración de la histotrofia lipídica (trofonemata), el tamaño del útero y el ovario izquierdo y la presencia de embriones.

Tabla 2.

Estadios e índice de madurez identificados para machos de Hypanus longus a partir de las características macroscópicas de las estructuras reproductivas. t: testículos, ce: conductos extra testiculares, vs: vesícula seminal

Estadio de madurez	Descripción	Índices
1.Inmaduro	Testículos: pequeños sin lóbulos, forma de riñón.	t=1
	Conductos extra testiculares: forma tubular, delgados	ce=1
	Vesícula seminal: alargada, sin enrollamiento.	vs=1
2.En desarrollo	Testículos: formados solo por tejido epigonal, con pequeños lóbulos en la parte distal.	t=1 ce=2
	Conductos extra testiculares: forma tubular, sin estructuras bien definidas.	vs=1
	Vesícula seminal: larga, sin enrollamiento y flácida	
3.Maduro, sin actividad reproductiva	Testículos: diferenciados, con lóbulos.	t=3
	Conductos extra testiculares: largos, delgados y flácidos, con estructuras diferenciadas.	ce=3 vs=3
	Vesícula seminal: con un ligero enrollamiento y presencia de fluido seminal.	
4.Maduro, en actividad reproductiva	Testículos: bien diferenciados, con lóbulos, de aspecto firme.	t=3
	Conductos extra testiculares: largos, anchos y firmes, estructura bien diferenciadas.	ce=3 vs=4
	Vesícula seminal: enrollada, forma sigmoide, presencia de fluido seminal	

Fuente: Jiménez, 2017.

Tabla 3.

Estadios e índice de madurez identificados para hembras de Hypanus longus a partir de las características macroscópicas de las estructuras reproductivas. o: ovario; go: glándula oviducal; u: útero

Estadio de madurez	Descripción	Índices
1.Inmadura	Ovario: diferenciados, sin folículos ováricos. Abundante órgano epigonal.	o= 1
	Glándula oviducal: no diferenciada del útero.	go= 1
	Útero: izquierdo bien diferenciado y con presencia de pliegues, pero no trofonemata. Útero derecho, no diferenciado del resto de las estructuras.	u= 1
2.En desarrollo	Ovario: ovario izquierdo más grande que el derecho. Ambos bilobulados. Izquierdo con presencia de folículos y presencia de tejido epigonal, derecho solo con tejido epigonal.	o= 2
	Glándula oviducal: solo izquierda bien diferenciada del útero.	go= 2
	Útero: generalmente el izquierdo es más grande, presencia de pliegues internos, e indicios de trofonemata. Derecho con aspecto filiforme.	u= 2-3
3.Preñada	Ovario: alargados y presencia de tejido epigonal. Izquierdo con folículos ováricos grandes situados en la parte central superior, izquierdo solo compuesto por tejido epigonal.	o=3
	Glándula oviducal: izquierda bien diferenciada del útero, con forma arrionada (21 mm de longitud). Derecha no diferenciada de oviducto anterior y posterior.	go=3
	Útero: con presencia de embriones en el útero izquierdo. Presencia de trofonemata alargada (16 mm aproximadamente), recubriendo todo el interior del útero y rodeando el embrión.	u=4
4.Post-parto	Ovario: alargado, con folículos ováricos muy grandes con longitudes de 2- 24 mm de diámetro.	o=3
	Glándula oviducal: diferenciada del útero, de tamaño pequeño (18 mm de longitud).	go=2
	Útero: pequeño, con trofonemata bien diferenciada pero obscurecida, sin presencia de embriones.	u=5

Fuente: Jiménez, 2017.

4.6. Análisis de la información

La información obtenida de los diferentes muestreos se analizó por medio de la estadística descriptiva, para presentar el conjunto de resultados obtenidos de las diferentes variables de estudio. El sexo de cada organismo se determinó mediante la observación in situ por medio de la presencia o ausencia de los claspers, que son los órganos copuladores de los machos.

4.6.1. Tipo de crecimiento

Para establecer el crecimiento de *H. longus* se llevó a cabo una correlación talla-peso: ancho de disco (AD) y peso total (Pt), mediante la ecuación exponencial (Froese, 2006).

$$Pt=a*AD^b$$

Donde Pt es el peso total del animal (Kg), AD es la longitud total del ancho de disco del animal (cm), (a) es el intercepto con el eje Y; (b) es la pendiente de la recta. En esta relación, si el valor de “b” es igual a 3, el crecimiento del organismo es isométrico, siendo alométrico cuando el valor de “b” es significativamente diferente de 3, <3 = alométrico negativo y >3 alométrico positivo. Debido a que la longitud es una magnitud lineal y el peso es igual al cubo de la longitud ($W=L^3$), si un individuo mantiene su forma al crecer entonces el crecimiento es isométrico ($b=3$).

4.6.2. Proporción de sexos

Para calcular la proporción sexual, se utilizó el estimador no paramétrico de Ji cuadrada con corrección de Yates (X^2_{yates}) (Zar, 2010). Este estimador indica si existe igualdad estadísticamente significativa entre las proporciones sexuales de una especie, donde: ($X^2_{calculada} < X^2_{de\ tablas}$ (3.84)) (Velázquez, 2018).

$$X^2c = (|f1 - f2| - 1)^2/n$$

4.6.3. Estadios de madurez

El estado de desarrollo sexual se describió a partir de la escala de madures propuesta por Jiménez (2017), basándose en observaciones de los aparatos reproductores, para machos se determinó a partir de la variación en la longitud del clasper, en cuanto a su rigidez, la

presencia de esperma y mediante al tamaño de los testículos, para hembras en base al tamaño del ovario izquierdo, a pesar de que poseen dos ovarios, a medida que crecen el desarrollo de los mismos es diferencial, esto quiere decir que las estructuras del lado izquierdo mantienen su desarrollo, no así las estructuras del lado derecho, tornándose rudimentarios (Wourms, 1981), por otra parte se observó el tamaño del útero y del desarrollo de la histotrofia lipídica o trofonemata (16 mm).

4.6.4. Talla de primera maduración

La talla de primera madurez se estimó mediante la frecuencia del ancho de disco (AD) a la cual el 50% de los machos y hembras se encontraron maduros (Liu, et al. 1999; Joung, & Chen 1995), según los criterios de estados de maduración estimados. La talla de primera maduración se determinó usando el programa R Studio versión 3.5.2 (2018-12-20) y el paquete estadístico sizeMat.

5. Resultados

5.1. Proporción sexual.

En total, se registraron las medidas morfométricas de 336 organismos, de los cuales 169 (50.30%) fueron hembras (H) y 167 (49.70%) fueron machos (M). La proporción entre hembras y machos no presentó diferencia significativa, dado que el valor de X^2_c es < 3.84 ($X^2_{yates (calc)} = 0.003$), evidenciando que la proporción sexual es (1:1) (Figura 3).

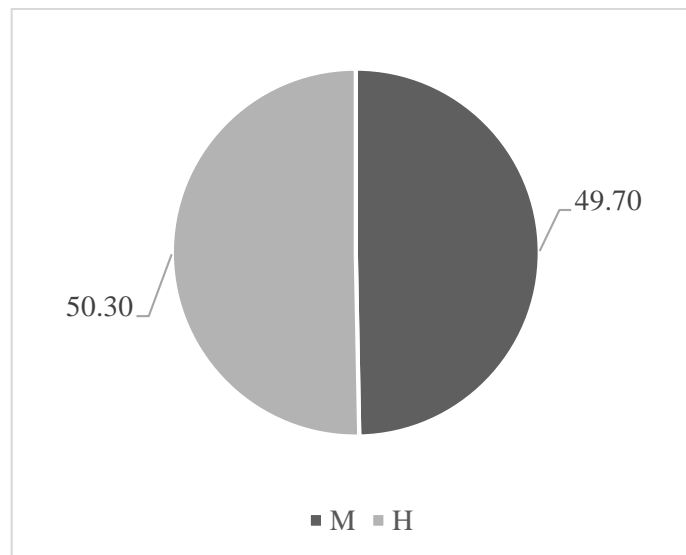


Figura 3. Relación de sexos para *Hypanus longus* capturados en la pesca artesanal en Sipacate

5.2. Distribución de tallas

La distribución de tallas para las hembras presentó un rango entre 22 - 150 cm de AD (82.53 ± 22.24) y un Pt entre 1.81 - 83.72 kg (18.31 ± 15.14). Los machos presentaron una distribución unimodal, con tallas entre 23 - 98 cm de AD (76.85 ± 11.86) y un Pt entre 1.30 a 25.21 kg (13.03 ± 4.72). Se evidenció que no existe diferencia significativa con relación al AD para hembras y machos ya que el valor de p es > 0.05 (Kruskal Wallis, $p = 0.2129$) (Figuras 4 y 5).

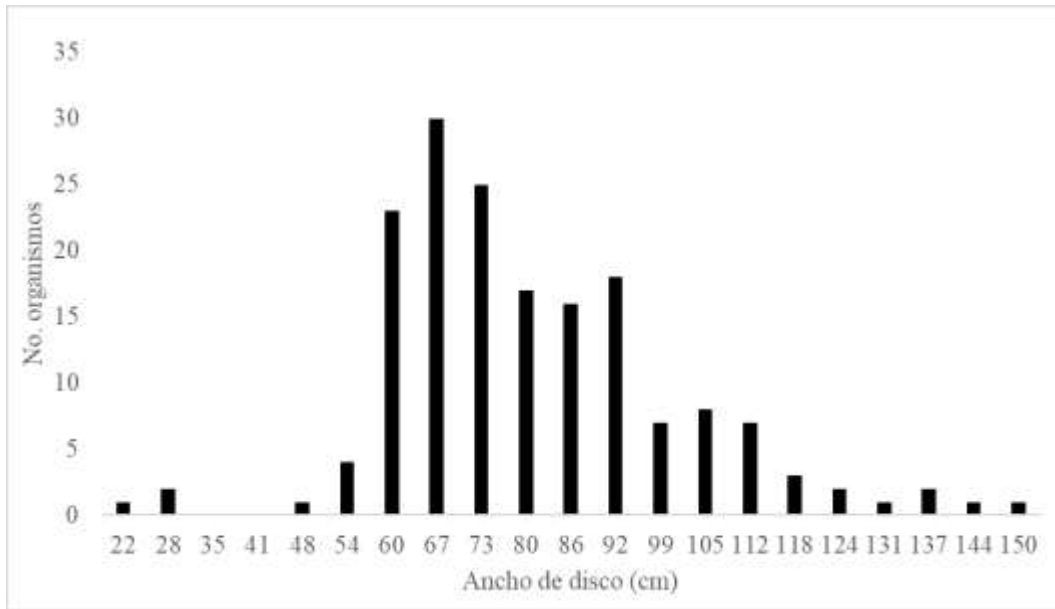


Figura 4. Distribución de tallas de hembras de *Hypanus longus* capturados en Sipacate

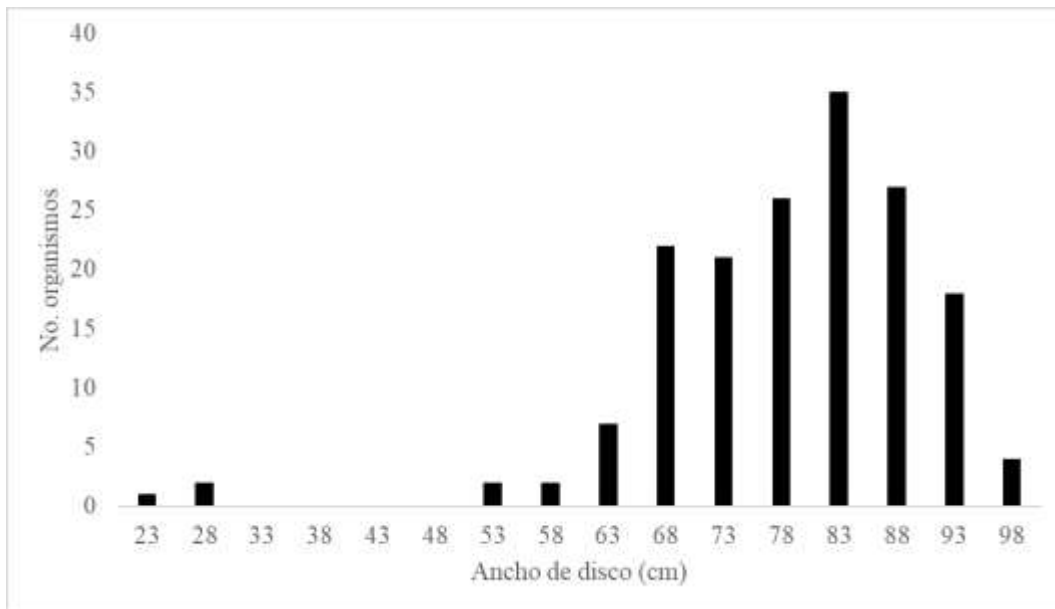


Figura 5. Distribución de tallas de machos de *Hypanus longus* capturados en Sipacate

5.3. Relación talla peso

La ecuación que describe la relación entre el AD y Pt fue calculada por separado y es de tipo potencial. Para las hembras esta se expresa como ($y = 0.0324x^{2.9585}$), donde ($a = 0.0324$), ($b = 2.9585$) y un coeficiente de correlación de ($R^2 = 0.9912$). Para los machos esta se expresa como ($y = 0.0451x^{2.8807}$) donde ($a = 0.0451$), ($b = 2.8807$) y un coeficiente de correlación de ($R^2 = 0.9781$). El coeficiente de alometría b evidenció un crecimiento del tipo isométrico para ambos sexos (Figuras 6 y 7).

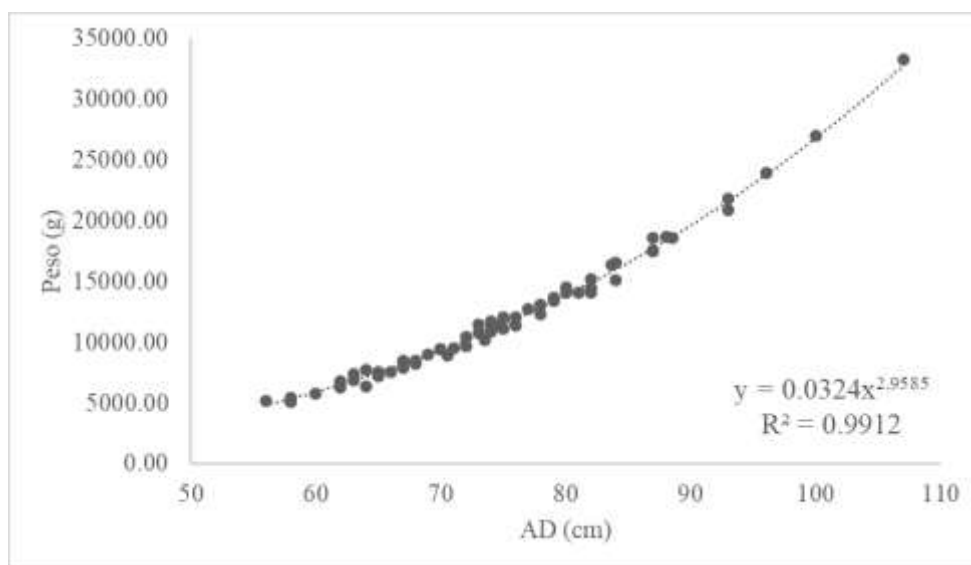


Figura 6. Relación AD - Pt para hembras de *Hypanus longus* capturadas en Sipacate

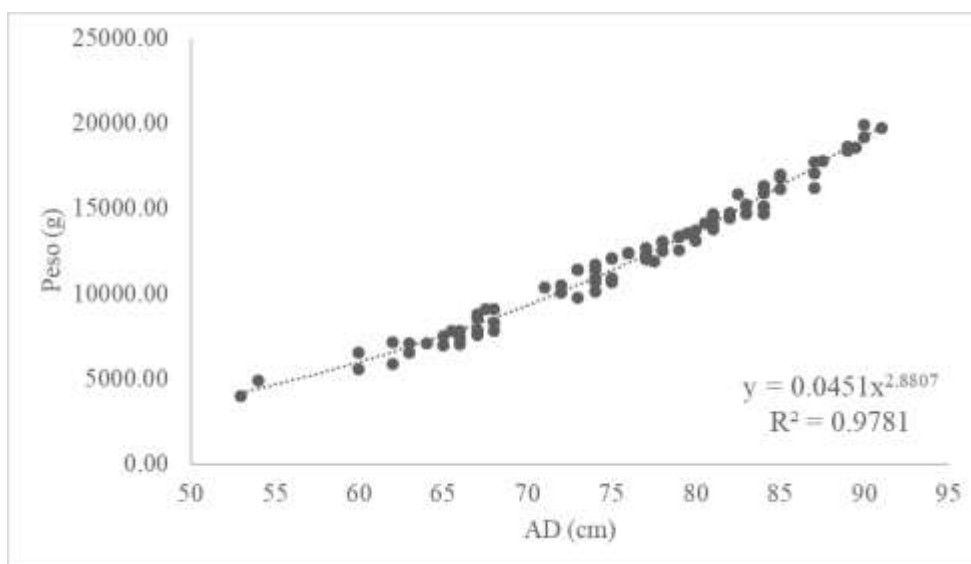


Figura 7. Relación AD – Pt para machos de *Hypanus longus* capturadas en Sipacate

5.4. Variación de los estados de maduración

El estado de maduración sexual se determinó para ambos sexos por separado, para hembras ($n = 169$), se evidencio que el 34.91% fueron hembras maduras ($n_{\text{maduras}} = 59$) y el 65.09% hembras inmaduras ($n_{\text{inmaduras}} = 110$). para machos ($n = 167$), se evidencio que el 46.11% fueron machos maduros ($n_{\text{maduros}} = 77$) y el 54.89% fueron machos inmaduros ($n_{\text{inmaduros}} = 90$).

Se evidencio que durante todo el periodo de muestreo fueron capturados organismos de *H. longus* sexualmente maduros, sin embargo, se registró una incidencia mayor o igual al 50% de hembras maduras en los meses de (febrero, junio, julio, agosto y septiembre), por otra parte, se registró una incidencia mayor o igual al 50% de machos maduros durante los meses de (marzo, mayo, junio y octubre) (Figuras 8 y 9).

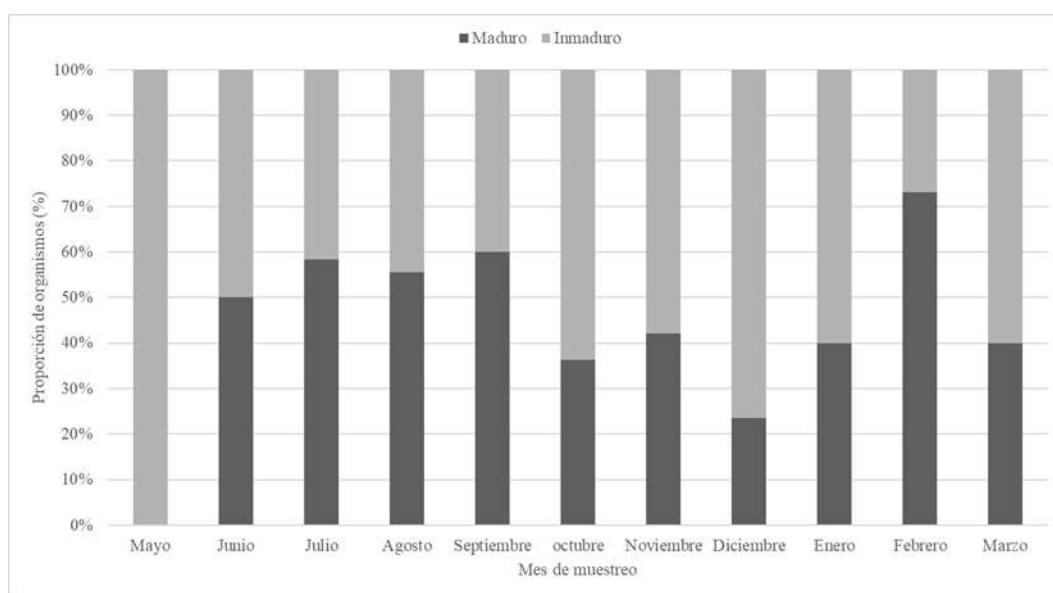


Figura 8. Estados de maduración por mes de muestreo para hembras de *Hypanus longus*, capturadas en Sipacate

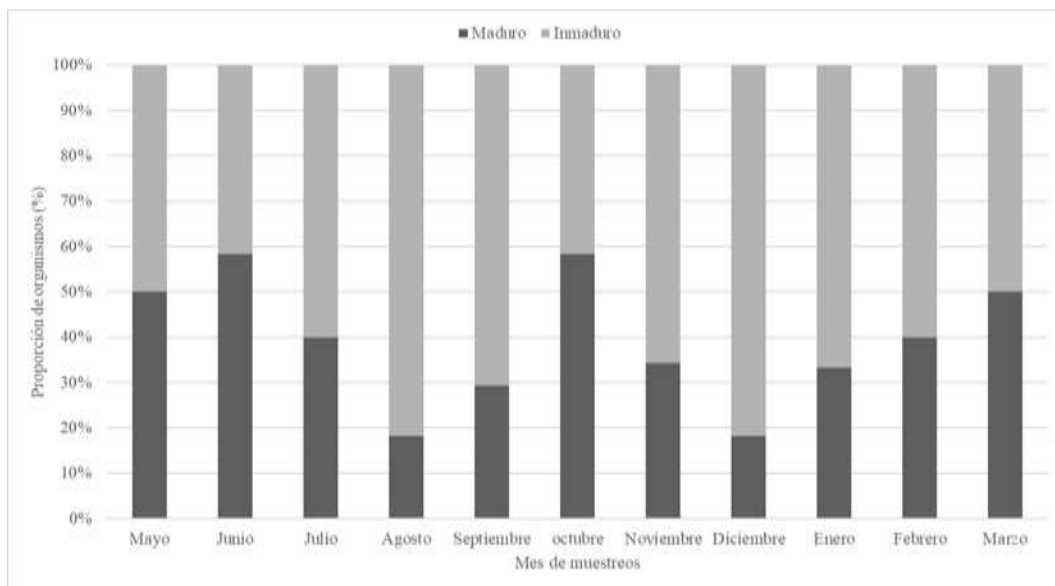


Figura 9. Estados de maduración por mes de muestreo para machos de *Hypanus longus*, capturados en Sipacate

5.5. Talla de primera madurez sexual (L_{50})

Se evidencio que para las hembras de *H. longus* la talla de primera madurez sexual es de ($L_{50} = 88.2$ cm AD, donde $R^2 = 0.94$) (Figura 10) y para los machos de ($L_{50} = 79.3$ cm AD, donde $R^2 = 0.82$) (Figura 11). Finalmente, este estudio determino que las tallas con mayor incidencia en las capturas fueron de 60 a 92 cm AD para hembras y de 68 a 93 cm AD para machos, evidenciando que el 74.53% de hembras y el 44.70% de machos son capturados por debajo de la talla de primera maduración sexual.

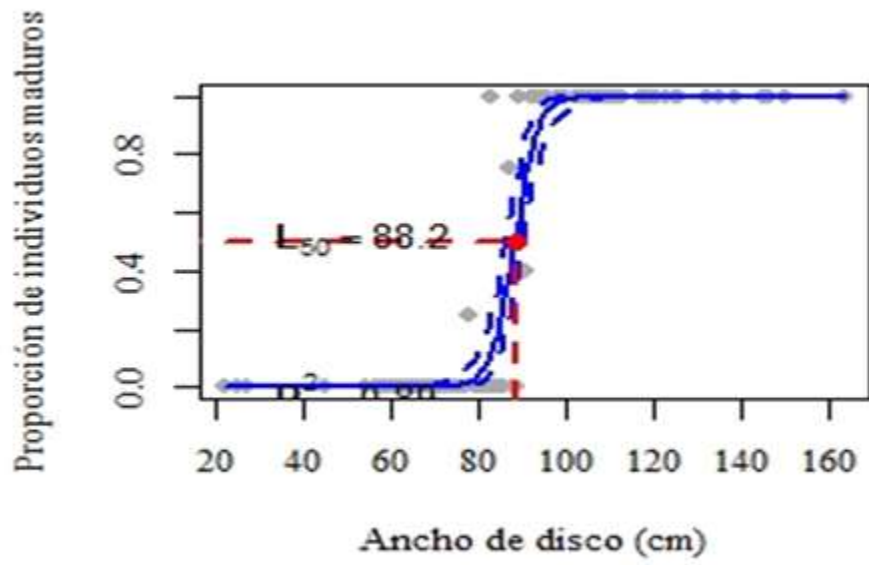


Figura 10. Talla de primera maduración sexual (L_{50}) para hembras de *Hypanus longus* capturadas en Sipacate

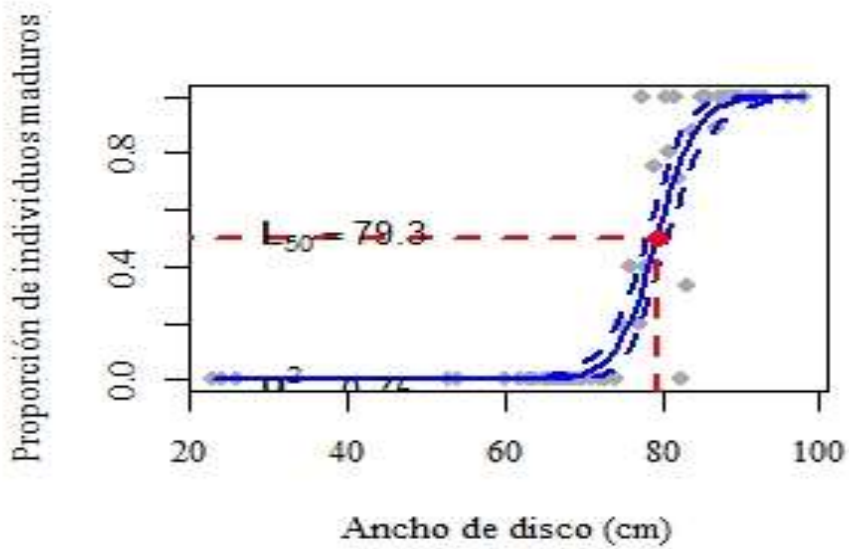


Figura 11. Talla de primera maduración sexual (L_{50}) para machos de *Hypanus longus* capturados en Sipacate

6. Discusión de resultados

En el presente estudio se evidenció que no existe una diferencia significativa en la proporción entre hembras y machos (1:1). Según Velázquez (2018), las poblaciones de organismos producirán una proporción sexual equilibrada que permitirá la reproducción de la especie. Esta proporción es similar a la reportada por López-García (2009), para la zona central del Pacífico colombiano y por Jiménez (2017), en Baja California Sur, México. Un estudio realizado en 2006 en el Pacífico guatemalteco, reportó una proporción sexual para la raya látigo del 50% para hembras y 50% para machos (1H:1M) (Ixquiac, 2009). Sin embargo, esto difiere de lo reportado por Bohórquez-Herrera (2006), para la Isla Gorgona del Pacífico colombiano, quien indica una proporción de (3M: 1H), y por lo reportado por López-Garro (2014), para el Golfo Dulce en Costa Rica, quien igualmente señala un dominio de machos sobre hembras (1.33M: 1H).

Según Holden y Raitt (1975), la proporción de sexos de una especie, es un atributo importante para completar un panorama general sobre la biología de una población explotada, ya que esta puede ser el efecto de eventos reproductivos, alimenticios, ontogénicos, entre otros. Sin embargo, López-García (2009), señala que en un área pequeña y específica de muestreo puede o no, reflejar la existencia de una segregación, por lo que se debe tomar en cuenta y con mucho cuidado el alcance del esfuerzo de muestreo con el que se ejecutó la investigación.

En el presente estudio se registraron tallas máximas de 150 cm AD para las hembras y de 98 cm AD para los machos. Comparadas con otros autores, estas tallas fueron relativamente mayores a las registradas en otras zonas de distribución de la especie, por ejemplo: Jiménez (2017), en BCS, México, reporta organismos con tallas de 102 cm AD para hembras y de 97.0 cm AD para los machos; de igual forma Villavicencio (1994), en la misma región, reportó organismos con un rango de tallas entre los 41 a 131 cm AD para hembras y de 46 a 98 cm AD para machos. Por otra parte, Avalos (2019), para el Pacífico guatemalteco, reporta organismos con tallas de 126 cm AD para hembras y de 95 cm AD para los machos. Sin embargo, López-García (2009), para el Pacífico Central colombiano, reporta tallas mayores con relación a las hembras (158 cm AD) y Gonzales (2017), en las costas del Salvador, reporta

organismos con tallas mayores con relación a los machos (132 cm de AD). Con base en lo anterior, se puede señalar que el espectro de tallas para *H. longus* es altamente variado, estas diferencias pueden estar influenciadas por los sitios de captura y los artes de pesca utilizados o por la existencia de posibles gradientes latitudinales que afectan el desarrollo ontogénico de los individuos (Gonzales, 2017). Sin embargo, Jiménez (2017), señala que para confirmar esta hipótesis es necesario tener certeza de que la estructura de tallas de cada una de las diferentes poblaciones está bien representada, y que los resultados observados no sean un efecto del esfuerzo de muestreo.

Tabla 4.

Variables biológicas de H. longus obtenidas en diferentes estudios realizados a lo largo de su zona de distribución.

Localidad	Ancho de disco (cm)	L ₅₀ (cm)	Coefficiente de alometria (b)	Autor
Guatemala (Sipacate)	H: 22 a 150 (82.33 ± 22.27) M: 23 a 98 (76.91 ± 11.45)	H: 88.2 AD M: 79.3 AD	H: b= 2.9585 M: b= 2.8807	Este estudio
Guatemala (Las Lisas/Sipacate)	H: 22 a 126 (83.67 ± 20.30) M: 52 a 95 (77.88 cm ± 9.78)	–	–	Avalos, 2019
El Salvador	H: 42.1 a 147 M: 12 a 132	H: 102 AD M: 87.1 AD	–	Gonzales, 2017
México (Baja California sur)	H: 29 a 102 (60.3±20.4) M: 39.4 a 97.0 (63.1±16.0)	–	H: b= 2.94 M: b= 2.97	Jiménez, 2017
Costa Rica (Golfo Dulce)	Ambos: 60 a 119 (84.63 ±12.11)	H: 120 AD M: 92 AD	–	López-Garro, 2014
Colombia (Buenaventura)	Max: 158	H: 108 AD M: 77 AD	H: b= 3.034 M: b= 2.817	López-García, 2009
México (Baja California sur)	H: 41 a 131 (68.97 ± 20.69) M: 46 a 98 (72.55 ± 18.98)	H: 110 AD M: 80 AD	–	Villavicencio, 1994
Pacífico Central Oriental	Max: 120	–	–	Mceachran, 1995
Colombia (Isla Gorgona)	Max: 180	–	–	Bohórquez. 2006

El crecimiento (isométrico) determinado en el presente estudio para *H. longus*, había sido previamente reportado por Jiménez (2017), para BCS, México, ($b_{\text{hembras}}= 2.94$, $b_{\text{machos}} = 2.97$) y por López-García (2009), para el Pacífico colombiano ($b_{\text{hembras}}= 3.034$, $b_{\text{machos}}=2.817$). Este tipo de crecimiento es un rasgo común en diferentes especies de elasmobranquios. Por ejemplo, Saadaoui y colaboradores (2015), lo reportaron para *Dasyatis pastinaca*, Anislado-Tolentino y Robinson-Mendoza (2001), lo reporta para *Sphyrna lewini* (Griffith, & Smith, 1834), entre otras especies.

Para el Pacífico guatemalteco se determinó que *H. longus* alcanza la madurez sexual a los 88.2 y 79.3 cm de ancho de disco para hembras y machos, respectivamente. Sin embargo, debido a la temprana aparición de signos de madurez sexual en las hembras de *H. longus*, comportamiento documentado también para *Dasyatis centroura* (Capape, 1993), la talla de primera maduración puede presentarse a diferentes anchos de disco (López-García, & Mejía, 2009). López y Mejía (2009), para el Pacífico colombiano, reportan una talla de primera madurez a los 108 cm de AD para hembras y de 77 cm de AD para machos; por su parte, López-Garro (2014), para el Golfo Dulce, Costa Rica, reporta una talla media de madurez a los 120 cm AD para hembras y de 92 cm AD para machos, Gonzales (2017), para el Pacífico salvadoreño, indica que las hembras alcanza su madurez sexual a los 102 cm y los machos a los 87.1 cm de ancho de disco; finalmente, Villavicencio (1994), en BCS, México, reporta una talla de primera madurez sexual de 110 y 80 cm de ancho de disco para hembras y machos, respectivamente. La diferencia en la talla de primera madurez sexual de esta especie, puede deberse al hecho de haber obtenido muestras de individuos de mayor tamaño, a la variación climática o latitudinal de la zona geográfica, o bien a diferencias biológicas en el stock pesquero. Por estas razones es necesario combinar una serie de características en los diferentes órganos del sistema reproductor, que presenten variaciones según el estado de desarrollo para determinar que hembra pudiera estar madura (López-García, 2009).

H. longus ha pasado de ser una especie de captura incidental a una especie objetivo, esto debido a la disminución en las capturas de otras especies de peces de mayor valor comercial y a la creciente demanda de su carne para el mercado nacional. Avalos (2019), reporta que esta especie se encuentra entre las cuatro especies de elasmobranquios con mayor incidencia en las

capturas del Pacífico guatemalteco, representando el 47.48% del total de las capturas. Por otro lado, este estudio evidencio que la mayor incidencia de tallas, son de organismos que no han alcanzado la madurez sexual (74.53% de hembras y el 44.70% de machos). Esta situación ha sido reportada por Gonzales (2017), en los desembarques artesanales del salvador, quien indica que esta especie representa el 76% del total de capturas, y que el 46.1% de los individuos capturados no han alcanzado su madurez sexual. López-Garro (2015), en los desembarques de Golfo Dulce, Costa Rica, reporta la misma situación.

Los resultados aquí presentados indican que en la actualidad la captura de *H. longus* pudiera no ser sustentable para el caso de esta pesquería, debido a que se trata principalmente de organismos de longitud correspondiente a una etapa inmadura, situación que se repite a lo largo de su zona de distribución. Finalmente, debido al aumento de la presión sobre este recurso y que la información con respecto a la pesquería de rayas, tanto nacional como regional, es pobre (Ixquiac, et al., 2009), es importante continuar con la investigación y realizar estudios biológicos-reproductivos, que resultan necesarios para promover y establecer estrategias de manejo para la conservación de este recurso, considerando explotación sustentable el uso o explotación de un recurso mediante un proceso de extracción que permite o promueve su recuperación, de modo que garantiza su renovación y su permanencia en el largo plazo (Coiraton, Amezcua, & Salgado, 2016).

7. Conclusiones

- 7.1. La proporción encontrada para *H. longus* entre hembras y machos de los desembarques de la pesca artesanal de Sipacate indica que existe un equilibrio sexual en la población de esta especie, lo cual puede permitir la reproducción de los organismos. Dicha proporción es un atributo importante para completar un panorama general sobre la biología de la población de esta especie.
- 7.2. Durante todo el período de muestreo fueron capturados organismos de *H. longus* sexualmente maduros, sin embargo, para las hembras se registró una incidencia mayor o igual al 50% de organismos maduros en los meses de marzo, mayo, junio y octubre, por otro lado, para los machos se registró una incidencia mayor o igual al 50% de organismos maduros, durante los meses de febrero, junio, julio, agosto y septiembre.
- 7.3. El ancho de disco promedio con mayor incidencia en las capturas de *H. longus* fue de 82.33 cm (± 22.27) para hembras y 42.83 cm (± 33.10) para machos, con base en la talla de primera maduración sexual ($L_{50\text{hembras}} = 88.2$ cm de AD y $L_{50\text{machos}} = 79.3$ cm de AD) se evidencia que el 74.53% de hembras y el 44.70% de machos son capturados en etapa inmadura. Esta incidencia de organismos inmaduros en las capturas puede tener efectos biológicos negativos como, la disminución de la población y reducir la capacidad de recuperación biológica del stock pesquero.

8. Recomendaciones

- 8.1. En la actualidad, el monitoreo y registro de las capturas de organismos con creciente demanda en los mercados nacionales como *H. longus*, no son constantes y de registros pobres, por lo que es importante elaborar estrategias nacionales multisectoriales que permitan el registro confiable para la captura de estas especies, promoviendo el aprovechamiento sustentable del recurso y cumpliendo con acuerdos o reglamentos internacionales como lo es el Plan de Acción Nacional para la protección de tiburones y rayas en Guatemala.
- 8.2. Realizar estudios que complementen el conocimiento científico sobre la biología y el estado poblacional de *H. longus* como, hábitos alimenticios, zonas de crianza, abundancia poblacional, el estado de explotación del stock pesquero, entre otros. De esta manera facilitar la toma de decisiones para la elaboración e implementación de medidas de ordenamiento pesquero por parte de las entidades gubernamentales como es el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), a través de la Dirección de Normatividad para la Pesca y Acuicultura (Dipesca).
- 8.3. Dadas las conclusiones de esta investigación, se recomienda elaborar e implementar estrategias o medidas tendientes a la regulación de las prácticas de pesca o artes de pesca utilizadas en la captura de *H. longus* que permitan la captura de organismos con tallas de al menos 95cm de AD, promoviendo el uso sostenible de este recurso.

9. Referencias bibliográficas

- Amador, L. (2010). *Descripción y análisis de la pesca artesanal de la raya látigo (Dasyatis longa) en Tárcoles, Puntarenas, Pacífico de Costa Rica*. Tesis de Licenciatura en Biología Marina. Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Biología.
- Anislado-Tolentino, V. Robinson-Mendoza, C. (2001). Edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el Pacífico central de México. *Ciencias Marinas*, 27(4):501-520.
- Aschliman, N. C., Claeson, K. M., & McEachran, J. D. (2004). Phylogeny of batoida. **En** Carrier, J. C., Musick, J. A., & Heithaus M. R. (Eds.), *Biology of sharks and their relatives*. (2a. ed, pp.79-114). Florida: CRC Press Boca Raton.
- Avalos, C. (2019). *Caracterización de la pesquería de elasmobranquios e identificación de áreas de crianza potenciales en dos comunidades del Pacífico de Guatemala*. Tesis de Maestría en Ciencias Marinas y Costeras. Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC], y Centro de Estudios del Mar y Acuicultura [CEMA].
- Barker, M. J., & Schluessel, V. (2005). Managing global shark fisheries: Suggestions for prioritizing management strategies. *Aquatic Conservation*, 15, 325-347.
- Berg, L. (1958). System der rezenten und fossilen Fischartigen und Fische: *VEB / Verlag der Wissenschaften*. Suiza: Berling.
- Bohórquez-Herrera. (2006). *Aspectos biológicos y pesqueros de elasmobranquios capturados en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia entre 2004 y 2005*. Tesis de Biología Marina. Colombia: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Caldas, J. P., Castro-González, E., Puentes, R., Rueda, M., Lasso, C., Duarte, L.O., & Zapata Padilla, L. A. (Eds.). (2010). *Plan de acción nacional para la conservación y manejo de tiburones, rayas y quimeras de Colombia (PANTiburones Colombia)*. Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario; Secretaría Agricultura y Pesca San Andrés Isla; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras; Instituto Alexander Von Humboldt; Universidad del Magdalena; Universidad Jorge Tadeo Lozano; Pontificia Universidad Javeriana; Fundación SQUALUS; Fundación Malpelo y otros Ecosistemas Marinos; Conservación Internacional; y WWF Colombia.



- Canudo, J., Omeñaca, R., & Cuencas, B. (1996). *Tiburones y rayas (Chondrichthyes, Elasmobranchii) del Barremiense superior (Cretácico inferior) de Villapón (Castellote, Turel)*. España: Más de las Matas.
- Capapé, C. (1993). New data on the reproductive biology of the thorny stingray, *Dasyatis centroura* (Pisces: Dasyatidae) from off the Tunisian coasts. *Environmental Biology of Fisheries*. 38: 73-80.
- Cheung, W. T., Pitcher, D., & Pauly, A. (2005). A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerabilities of marine fishes to fishing. *Biological Conservation* 124 (1), 97-111.
- Cifuentes, R., Gonzales, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P., & Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Ganyana*, 76, 101-110.
- Dent, F., & Clarke, S. (2015). *State of the global market for shark products: FAO Fisheries and Aquaculture (Inf-590)*. Roma: Food and Agriculture Organization [FAO].
- Diario de Centro América. (14 de junio de 2015). *Congreso de la República de Guatemala* [en línea]. Recuperado agosto 10, 2020, de <http://old.congreso.gob.gt/archivos/decretos/2015/CCCIII0350200010004201513112015.pdf>.
- Ebert, D. A., Fowler, S., & Compagno, L. (2013). *Sharks of the world*. New Hampshire: Wild Nature Press.
- Espinoza, I. (2015). *Metodología de la investigación (tipos de muestreo)*. Honduras: Unidad de Investigación Científica de la facultad de Ciencias Médicas; y Universidad Nacional Autónoma de Honduras [UNAH].
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2018). *Estado mundial de la pesca y acuicultura 2018: Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible (CC BY-NC-SA 3.0 IGO)*. Roma: Autor.
- FAO. (1994). *Enfoque precautorio para la pesca / Parte 1: Directrices relativas al enfoque precautorio para la pesca y las introducciones de especies (Documento Técnico de Pesca 350/1)*. Roma: Autor.
- Frisk, M. G. (2010). Life history strategies of batoids. **En** Carrier, J. C., Musick, J. A., & Heithaus, M. R. (Eds), *Biology of sharks and their relatives*. (pp. 283-318). (2a. ed). Boca Ratón, Florida: CRC Press.



- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241-253.
- Geofrik, V. M. (2013). *Clase Chondrichthyes* [en línea]. Recuperado agosto 10, 2020, de <https://geofrik.com/2013/10/15/clase-chondrichthyes/>.
- González, J. A., Morán, J. M. & Chicas, F. A. (2017). Pesca artesanal y madurez sexual del tiburón gris *Carcharhinus falciformis*, tiburón martillo *Sphyrna lewini* y raya látigo *Hypanus longus* en El Salvador. *Ciencia Pesquera*, 25(1): 63-73.
- Guatepymes. (2017). *Aldea Sipacate* [en línea]. Recuperado agosto 10, 2020, de <http://www.guatepymes.com/geodic.php?keyw=11215>.
- Guerrón, J. (2007). *La nueva pesquería de rayas en Puerto López, zona de amortiguamiento del Parque Nacional Machalilla (Proyecto de Baccalaureus Scientiae)*. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco.
- Hamlett, W. C. (1999). Male reproductive system. **En** Hamlett, W. C. (Ed.). *Sharks, skates, and rays: The biology of elasmobranch fishes* (pp. 445-469), Baltimore: John Hopkins Univ. Press.
- Hamlett, W. C. (2005). *Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes sharks, batoids and chimeras*. Australia: The University of Queensland.
- Hamlett, W. C., & Koob T. J. (1999). Female reproductive system. **En** Hamlett, W. C. (Ed.) *Sharks, skates and rays: The biology of elasmobranch fishes* (pp. 399-443), Baltimore: John Hopkins Univ. Press.
- Hamlett, W. C., Reardon, M., Clark, J., Walker, T. I. (2002). Ultrastructure of sperm storage and male genital ducts in a male holocephalan, the elephant fish *Callorhynchus milli*. *Exp. Zool.* 292, 111-128.
- Holden, M. J., & Raitt, F. S. (1975). *Manual de Ciencia Pesquera parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. FAO. Roma, Italia. 211 pp.
- Instituto de Investigación y Proyección sobre el Ambiente y Sociedad [Iarna]. (2018). *Propuesta de diseño de arte de pesca para la reconversión de prácticas no amigables con la diversidad biológica marino-costera en el Área de Conservación Marino-costera Sipacate-Naranjo* (Acuerdo No. 0087534-2017-002). Guatemala: Universidad Rafael Landívar, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD].



- Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales [ISIT]. (2015). *Familia: Dasyatidae, rayas Batonas, Chupares, rayas de espinas, rayas Látigo* [en línea]. Recuperado agosto 10, 2020, de <https://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/thefishes/taxon/242>
- Ixquiac Cabrera, M. de J., Franco Arenales, I., Tejeda Velásquez, C. A., Sánchez Rodas, M. R., & Sikahall Prado, J. A. (2009). *Áreas de crianza de tiburones en la plataforma continental del Pacífico de Guatemala: Herramienta para el manejo y aprovechamiento sostenido del recurso tiburón. FODECYT No. 13-2006*. Guatemala: USAC, CEMA, y Unidad para el Manejo de la Pesca y Acuicultura [UNIPESCA].
- Ixquiac Cabrera, M., Franco Arenales, I., Lemus, J., Méndez, S., & López Roulet, A. (2010). *Identificación, abundancia, distribución espacial de Batoideos (Rayas) en el Pacífico Guatemalteco: FODECYT No. 34-2006*. Guatemala: USAC, CEMA, MAGA, ONCA.
- Jiménez, Y. A. (2017). *Aspectos reproductivos y de crecimiento de la raya látigo Hypanus longus (Garman, 1880) en la Bahía de la Paz, BCS, México*. Tesis Biología Marina. México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Joung, J., & Che-Tsung, C. (1995). Reproduction in the sand bar, *Carcharhinus plumbeus*, in the waters of Northeastern Taiwan. *Copeia*, 3, 659-665.
- Kitchell, J. F., Essington, T., Boggs, C., Schindler, D., & Walters, C. (2002). The Role of Sharks and Longline Fisheries in a Pelagic Ecosystem of the Central Pacific. *Ecosystems*, 5, 202-216.
- Last, P. R., Naylor, J. P., & Manjaji-Matsumoto, B. M. (2016). A revised classification of the family *Dasyatidae* (Chondrichthyes: Myliobatiformes) based on new morphological and molecular insights. *Zootaxa*, 4139 (3), 345-368.
- Liu, K., Che-Tsung, C., Tai-Hslang, L., & Shoou-Jeng, J. (1999). Age, growth and reproduction of the pelagic thresher shark, *Alopias pelagicus* in the Northwestern. *Copeia*, 1, 68-71.
- López-García, J. (2009). *Aspectos biológicos de la raya látigo Dasyatis longa (Pisces: Dasyatidae) de la zona central del Pacífico colombiano*. (Tesis de licenciatura). Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Programa Académico de Biología, Santiago de Cali: Colombia.



- López-García, J., Navia, A. F., Mejía-Falla, P. A., & Rubio, E. A. (2012). Feeding habits and trophic ecology of *Dasyatis longa* (Elasmobranchii: Myliobatiformes): Sexual, temporal and ontogenic effects. *Journal of Fish Biology*, 80, 1563-1579.
- López-Garro, A., & Zanella, I. (2014). Capturas de la raya *Dasyatis longa* (Myliobatiformes: Dasyatidae) en las pesquerías artesanales de Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63 (1), 319-327.
- McEachran, J. D., & Carvalho, M. R. (2002). Batoid Fishes. **En** Carpenter, K. E. (Ed.), *The living marine resources of the western Central Atlantic: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras, FAO species identification guide for fisheries purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special* (Vol. 1, pp. 508-530). Roma: FAO.
- Morales, J., Zapata, L. A., Rodríguez, G., Gomez, G., Angulo, W., Gomez, A., & Beltran, B. (1998). *Prospección de los principales bancos de pesca en el Pacífico colombiano*. Colombia: INPA, COLCIENCIAS, VECEP, DIMAR, y BAN.
- Morales, O., Castillo, J. L., Sosa, O., Rodríguez, C. (2004). *Catálogo de tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes) que habitan en las aguas del Norte del Golfo de California (Reporte técnico Laboratorio de Ecología Pesquera)*. Mexico: CICESE.
- Musick, J., & Bonfil, R. (2004). *Elasmobranch fisheries management techniques (Report APEC Fisheries Working Group)*. Singapore, Japan: Asia-Pacific Economic Cooperation.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2018). Estudio Técnico para el Área de Uso Múltiple Marino-costera Sipacate-Naranjo. Proyecto Conservación y Uso Sostenible de la biodiversidad en Áreas Protegidas Marino-Costeras (APM). (MARN-CONAP/PNUD-GEF) – Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), Guatemala. 220 p.
- Saadaoui, A. Saidi, B. Enjjar, S. Bradai, M. N. (2015). Reproductive biology of the common stingray *Dasyatis pastinaca* (Linnaeus, 1758), off the Gulf of Gabès (Central Mediterranean Sea). *Cahiers de Biologie Marine*, 56, 389-396.
- Smith, W. D. (2016). *Hypanus longus: The IUCN Red List of threatened species 2016* [en línea]. Recuperado agosto 10, 2020, de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20163.RLTS.T60157A104126060.en>



- Smith, W. D., Cailliet, G. M., & Cortés, E. (2008). Demography and elasticity of the diamond stingray, *Dasyatis dipterura*: Parameter uncertainty and resilience to fishing pressure. *Marine and Freshwater Research*, 59 (7), 575-586.
- Stevens, J. D., Bonfil, R., Dulvi, N. K., & Walker, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (condrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *Journal of Marine Science*, 57, 476- 494.
- Universidad de Costa Rica. (2005). Familia *Dasyatidae*, rayas látigo. *Revista de Biología Tropical*, 53 (2), 22-30.
- Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. (2011). Clase *Chondrichthyes* [en línea]. Recuperado agosto 10, 2020, de http://www.ibiologia.Unam.mx/peces/evolución_%20CHONDRICHTHYES.html.
- Velázquez, M. R. (Productor). (2018). *Proporción sexual de peces con ji cuadrada con corrección de Yates métodos de biología pesquera* [video]. México.
- Villavicencio, C. J., Downton, C., & Melendez, E. (1994). Tamaño y reproducción de la raya *Dasyatis longus* (*Pisces: Dasyatidae*), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*, 42 (1/2), 375-377.
- Walker, T. I. (1998). Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. *Marine and Freshwater Research*. 49, 553-572.
- Walker, T. I. (2004). Management measures. **En** Musick J. A., & Bonfil, R. (Eds), *Elasmobranch Fisheries Management Techniques* (pp. 285-322). Singapore: APEC Secretariat.
- White, W. T., Platell, M. E., & Potter, I. C. (2001). Relationship between reproductive biology and age composition and growth in *Urolophus lobatus* (Batoidea: Urolophidae). *Mar. Biol.*, 138, 135–147.
- Wourms, J. P. (1981). Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. *American Zoologist*, 21, 473-515.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis* (5th ed). New Jersey: Prentice Hall.



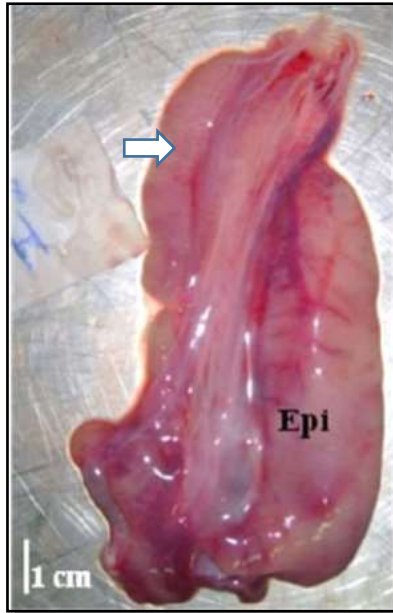
10. Anexo



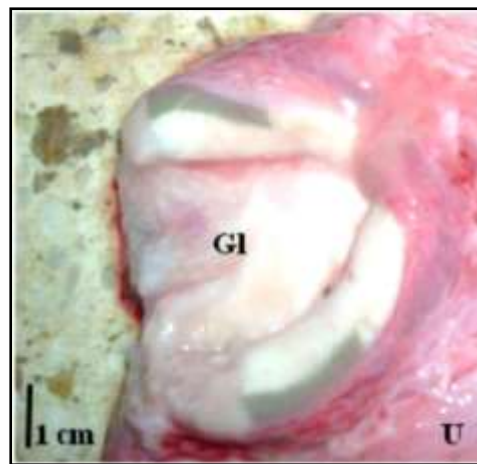
Anexo 1. Organismo macho de H. longus



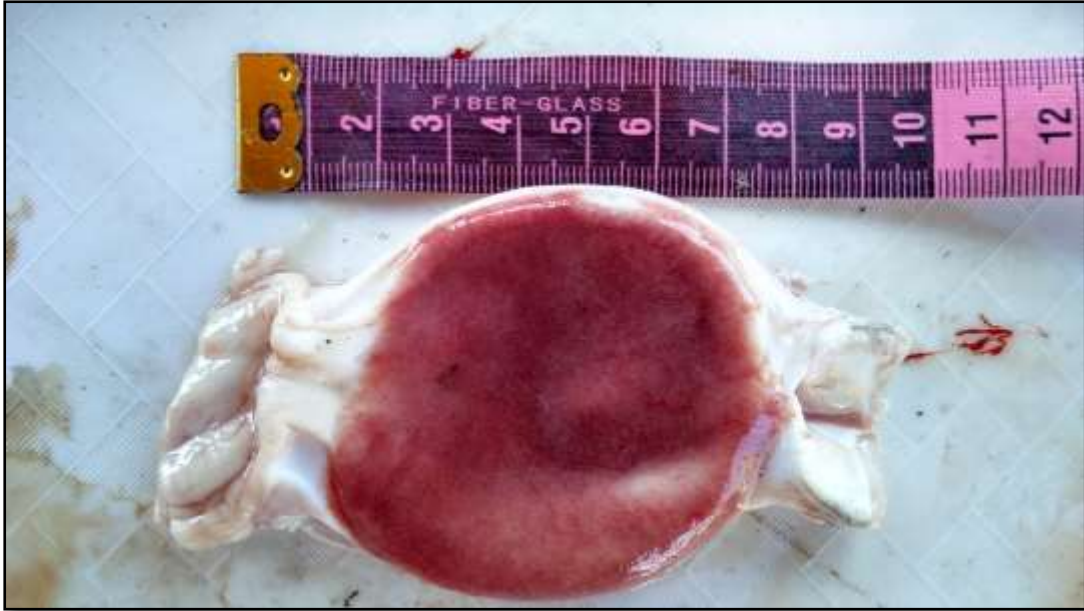
Anexo 2. Medida transversal del ancho de disco de un espécimen de H. longus



Anexo 3. Sistema reproductivo de una hembra inmadura de *H. longus*, mostrando el órgano epígonal (Epi) junto al ovario izquierdo y ovario vestigial (flecha) (López-García, 2009)



Anexo 4. Glándula oviducal (GI) de una hembra adulta de *H. longus*. (U): Útero (LópezGarcía, 2009)



Anexo 5. Útero de hembra de *H. longus* en estado inmaduro



Anexo 6. Histotrofia lipídica de una hembra de *H. longus* en estado inmaduro



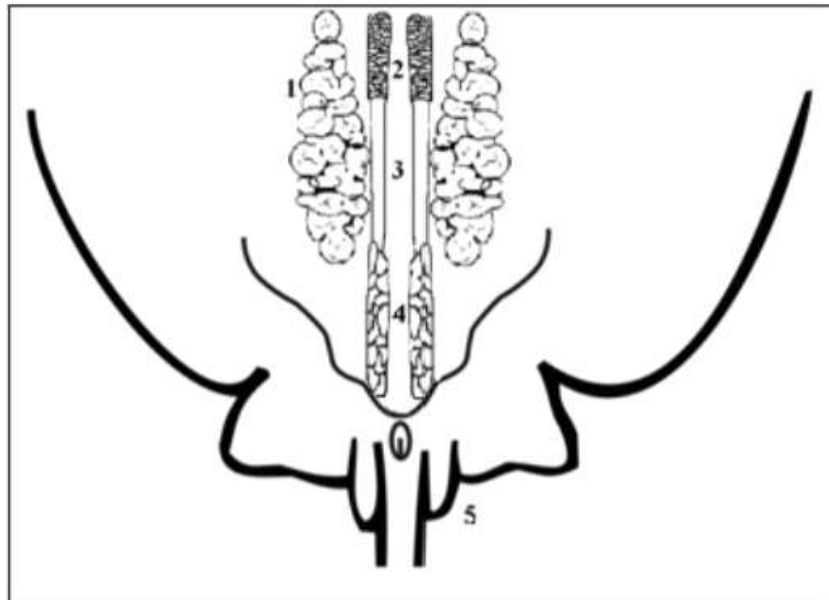
Anexo 7. Histotrofia lipídica de una hembra de *H. longus* en estado maduro



Anexo 8. Histotrofia lipídica de una hembra preñada de *H. longus* con 3 embriones

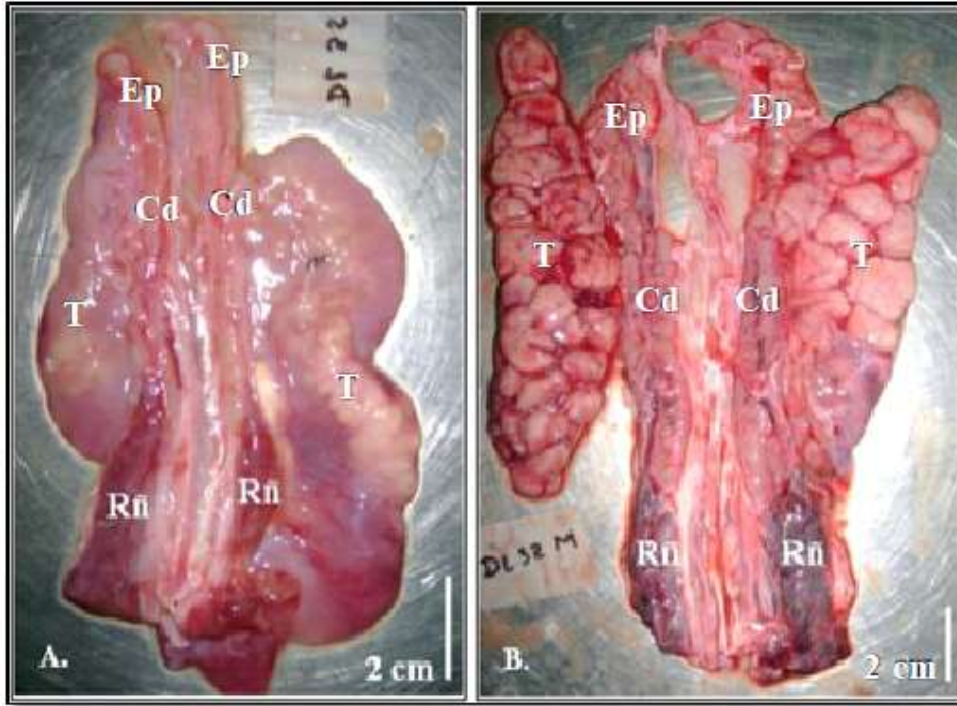


Anexo 9. Órgano Reproductor (Clasper) de un macho de *H. longus* en estado maduro



Anexo 10. Esquema del sistema reproductor de machos de *H. longus* (vista ventral).

1. Testículos, 2. Epidídimo, 3. Conducto deferente, 4. Riñón, 5. Clasper (Lopez-García, 2009)



Anexo 11. Testículo de individuo inmaduro (A) y maduro (B) de *H. longus*. Ep: epidídimo, T: testículo, Cd: conducto deferente; Rñ: Riñón (Lopez-García, 2009)

Mes de muestreo	No. Hembras	No. Machos
Mayo	2	3
Junio	12	8
Julio	10	12
Agosto	11	9
Septiembre	17	20
Octubre	12	11
Noviembre	32	19
Diciembre	33	34
Enero	12	10
Febrero	10	26
Marzo	8	15

Anexo 12. No. de organismos por mes de muestreo de *Hypanus longus* capturadas en Sipacate