

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

**Relación longitud-peso de la raya
tecolote (*Rhinoptera steindachneri*
Evermann & Jenkins, 1892) en el Sistema
lagunar estuarino Mar Muerto, Chiapas-
Oaxaca, México**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA

MARÍA JOSÉ GUTIÉRREZ REYES



TONALÁ, CHIAPAS

NOVIEMBRE DE 2025



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

**Relación longitud-peso de la raya
tecolote (*Rhinoptera steindachneri*
Evermann & Jenkins, 1892) en el
Sistema lagunar estuarino Mar Muerto,
Chiapas-Oaxaca, México**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA MARINA
PRESENTA
MARÍA JOSÉ GUTIÉRREZ REYES

DIRECTOR

DR. EMILIO ISMAEL ROMERO BERNY
LABORATORIO INTERDISCIPLINARIO DE ECOLOGÍA COSTERA
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

TONALA, CHIAPAS

NOVIEMBRE DE 2025





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE
CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tonalá, Chiapas
20 de enero de 2026

C. María José Gutiérrez Reyes

Pasante del Programa Educativo de:

Licenciatura en Biología marina

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Relación longitud-peso de la raya tecolote (*Rhinoptera steindachneri* Evermann & Jenkins

1892) en el sistema lagunar estuarino Mar Muerto, Chiapas-Oaxaca, México

En la modalidad de: Tesis profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. Francisco Javier Toledo Solís

Lic. Juan Antonio Toledo González

Dr. Emilio Ismael Romero Berny

Firmas:

Ccp. Expediente

DEDICATORIA

Con gratitud a Dios por darme la fortaleza y la sabiduría para enfrentar cada desafío y por guiar mis pasos en este camino académico.

Mis Padres, que sin duda alguna han sido mi motor y mayor inspiración para culminar esta etapa, por su amor incondicional, apoyo constante y por estar siempre presente en los momentos más difíciles.

A mis abuelos, cuyo cariño, sabiduría y ejemplo de vida han sido una guía constante en mi camino.

Y a los que desde el cielo me acompañan y cuidan, porque su amor sigue vivo en cada uno de mis logros y me impulsa a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco infinitamente a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental en cada paso de mi vida. Su amor incondicional, apoyo constante y confianza en mí, me dieron la fuerza necesaria para superar cada reto que se presentó a lo largo de esta etapa. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la humildad, virtudes que han sido mi guía durante todo este proceso académico.

A mis abuelos, por su cariño, sabiduría y ejemplo de vida, aquellos que aún me acompañan, gracias por su amor, por sus palabras de aliento y por ser una fuente constante de inspiración. Y a quienes ya no están conmigo, pero viven en mi corazón, gracias por todo lo que me ensañaron, por ejemplo y por el legado de amor y fortaleza que dejaron en mí. Su recuerdo ha sido luz en los momentos difíciles y una motivación enorme para seguir adelante.

A mis amigos, por acompañarme en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño avance, gracias por las experiencias compartidas y por brindarme su compañía cuando más lo necesitaba, su amistad y apoyo hicieron de este camino una etapa más llevadera y llena de aprendizaje.

De igual manera, extiendo mi más profundo agradecimiento al Dr. Emilio Ismael Romero Berny y al M.C. Juan Antonio Toledo González, por su dedicación, compromiso y disposición para compartir su conocimiento y experiencia. Su orientación y asesoría fueron determinantes para la culminación de este proyecto de investigación.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de este proyecto. Cada palabra de aliento, cada consejo y cada gesto de apoyo dejaron una huella significativa en este proceso.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MARCO TEÓRICO	3
2.1.	TAXONOMIA.....	3
2.2.	MORFOLOGÍA	3
2.3.	FISIOLOGÍA	4
2.3.1	Sistema respiratorio.....	4
2.3.2	Sistema digestivo	5
2.3.3.	Sistema sensorial.....	6
2.3.4.	Sistema nervioso.....	7
2.3.5.	Sistema circulatorio	8
2.4.	DISTRIBUCIÓN.....	9
2.5.	ESTRUCTURA POBLACIONAL.....	10
2.5.1.	Edad.....	10
2.5.2.	Tamaño	11
2.6.	ECOLOGÍA.....	11
2.6.1.	Dieta.....	11
2.6.2.	Comportamiento.....	12
2.6.3.	Reproducción	12
2.7.	ESTADO DE CONSERVACIÓN.....	12
2.8.	IMPORTANCIA PESQUERA.....	13
III.	ANTECEDENTES.....	14
3.1.	BANDAS DE CRECIMIENTO.....	17
IV.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS	19
4.1.	OBJETIVO GENERAL	19
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4.3.	HIPÓTESIS	19
V.	ZONA DE ESTUDIO.....	20
5.1.	CLIMA	21
5.2.	FLORA Y FAUNA.....	21
5.3.	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	22
VI.	MÉTODOS.....	23

6.1.	CAMPO	23
6.2.	LABORATORIO.....	23
6.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	24
VII.	RESULTADOS	25
VIII.	DISCUSIÓN.....	39
IX.	CONCLUSIONES	43
X.	RECOMENDACIONES.....	44
XI.	REFERENCIAS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regiones de la raya tecolote (<i>Rhinoptera steindachneri</i>) (Soli, 2025)...	4
Figura 2. Vista dorsal y ventral de las estructuras anatómicas externas de batoideos (García-Moreno <i>et al.</i> , 2012)	5
Figura 3. Sistema digestivo de <i>Dasyatis sabina</i> (Kobelkowsky, 2010).....	6
Figura 4. Distribución de las ampollas de Lorenzini en el tiburón gato de cadena (<i>Scyliorhinus retifer</i>) y la raya pequeña (<i>Leucoraja erinacea</i>) (Bellono <i>et al.</i> , 2018)	7
Figura 5. Estructura anatómica de la raya <i>Gymnura micura</i> (Kobelkowshy, 2017).....	8
Figura 6. Sistema circulatorio de <i>Dasyatis sabina</i> (Kobelkowsky, 2012)	9
Figura. 7. Área de distribución de la <i>R. steindachneri</i> (Fishbase, 2025)	10
Figura 8. Ubicación geográfica del Sistema Lagunar Mar Muerto	20
Figura 9. Medidas morfométricas obtenidas de <i>Rhinoptera steindachneri</i> (Evermann y Jenkins, 1891)	23
Figura 10. frecuencia de organismos machos y hembras por rango de longitud total.....	25
Figura 11. Relación entre la longitud total y la longitud del disco en individuos de ambos sexos	26
Figura 12. Relación entre la longitud total y el ancho del disco en ambos sexos	27
Figura 13. Relación entre la longitud total y la longitud preorbital en ambos sexos	28
Figura 14. Relación entre la longitud total y el peso en ambos sexos	29
Figura 15. Relación entre la longitud total y la longitud del disco en hembras.....	30
Figura 16. Relación entre la longitud total y el ancho de disco en hembras	31
Figura 17. Relación entre la longitud total y la longitud preorbital en hembras	32

Figura 18. Relación entre la longitud total y el peso en hembras	33
Figura 19. Relación entre la longitud total y la longitud del disco en machos.....	34
Figura 20. Relación entre la longitud total y el ancho del disco en machos	35
Figura 21. Relación longitud total y longitud del gonopterigio	36
Figura 22.Relación longitud total y longitud preorbital en machos.....	37
Figura 23. Relación entre longitud total y peso en machos	38

RESUMEN

La raya tecolote (*Rhinoptera steindachneri*) es un batoideo de la familia Rhinopteridae con amplia distribución en el Pacífico oriental tropical. En México se encuentra en el Golfo de California y a lo largo de la costa del Pacífico sur, sin embargo, la información biológica sobre esta especie en la costa de Chiapas es escasa. Debido a su captura incidental en pesquerías artesanales y de arrastre, resulta necesario para conocer aspectos biológicos sobre esta especie. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la relación longitud-peso y las principales relaciones morfométricas de *R. steindachneri* en el sistema lagunar estuarino Mar Muerto, Tonalá, Chiapas.

Durante los meses de febrero y marzo de 2024 se recolectaron 27 ejemplares mediante pesca artesanal con redes de enmalle. A cada organismo se le registraron las medidas morfométricas: longitud total, longitud y ancho del disco, longitud preorbital, longitud del gonopterigo (en machos) y peso total. Las relaciones morfométricas se analizaron mediante regresiones lineales, y la relación longitud-peso se ajustó al modelo potencial propuesto por Ricker (1975).

Los resultados mostraron una mayor proporción de machos (59%) que de hembras (41%), sugiriendo una posible segregación sexual en la zona de estudio. Las hembras presentaron tallas y pesos mayores, indicando dimorfismo sexual asociado a la estrategia reproductiva.

Las correlaciones entre longitud total y las variables morfométricas fueron bajas ($r^2 < 0.5$), evidenciando un crecimiento no proporcional entre las dimensiones corporales y el coeficiente de crecimiento (b) no resultó significativo, por lo que se rechaza la hipótesis de crecimiento alométrico positivo.

Este trabajo presenta el primer registro de la relación longitud-peso de *R. steindachneri* en las costas de Chiapas y constituye una base importante para futuras investigaciones sobre su biología, ecología y conservación en el Golfo de Tehuantepec.

Palabras clave. *Rhinoptera steindachneri*, Batoideos, relación longitud-peso, Morfometría, Mar Muerto, Dimorfismo Sexual.

ABSTRACT

The cownose ray (*Rhinoptera steindachneri*) is a batoid species belonging to the family Rhinopteridae, widely distributed throughout the tropical eastern Pacific. In Mexico, it occurs in the Gulf of California and along the southern Pacific coast; however, biological information about this species on the coast of Chiapas is scarce. Due to its incidental capture in artisanal and trawl fisheries study aimed to analyze the length-weight relationship and main morphometric relationships of *R. steindachneri* in the Mar Muerto estuarine lagoon system, Tonalá, Chiapas.

During February and March 2024, a total of 27 specimens were collected through artisanal gillnet fishing. For each individual, morphometric measurements were recorded, including total length, disc length and width, preorbital length, clasper length (in males), and total weight. Morphometric relationship was fitted to the potential model proposed by Ricker (1975).

Result showed a higher proportion of males (59%) compared to females (41%), suggesting possible sexual segregation in the study area. Females exhibited larger sizes and heavier weights, indicating sexual dimorphism associated with reproductive strategy. Correlations between total length and morphometric variables were low ($r^2 < 0.5$), revealing a non-proportional growth among body dimensions. The growth coefficient (b) was not significant, thus rejecting the hypothesis of positive allometric growth.

This work presents the first record of the length-weight relationship of *R. steindachneri* along the coast of Chiapas and provides an important baseline for future research on its biology, ecology, and conservation in the Gulf of Tehuantepec.

Keywords: *Rhinoptera steindachneri*, Batoids, Length-weight relationship, morphometrics, Mar Muerto, Sexual dimorphism.

I. INTRODUCCIÓN.

En México, los elasmobranquios representan un recurso pesquero de gran importancia económica y social, debido a que proporcionan proteína animal de calidad elevada a un costo bajo (DOF, 2007). En el Pacífico mexicano, la captura de las rayas se realiza principalmente en el Golfo de California, donde se obtiene alrededor del 85% de la producción nacional. Estas especies son capturadas de forma dirigida por la pesca ribereña artesanal como de manera incidental en las pesquerías de camarón y tiburón. Entre las principales familias de batoideos más frecuente en la capturas destacan Myliobatidae, Dasyatidae y Rhinopteridae, así como Urotrygonidae y Narcinidae (DOF, 2010). En el Golfo de Tehuantepec, la raya *Rhinoptera steindachneri* Evermann & Jenkins, 1892 o tecolote no tiene importancia económica, sin embargo, es capturada como parte de la fauna de acompañamiento de arrastres camarones (Tapia-García, 1998).

Los condriktios, caracterizados por su esqueleto cartilaginoso, comprenden dos grupos: los holocéfalos, donde se encuentran las quimeras, y los elasmobranquios, que se caracterizan por la presencia de septos interbranquiales (Santana *et al.*, 2004). Se encuentran distribuidos en todos los océanos del mundo, y en un amplio rango de profundidades, desde aguas someras hasta 200m (55%), en la plataforma continental (35%), en zona oceánica (2%) y en ambientes variados (8%) (Compagno, 1990).

La captura de elasmobranquios ha aumentado debido a la alta demanda de algunos productos (carne, aceite de tiburón, medicinas, aletas, etc.), ocasionando una intensa presión en sus poblaciones, haciéndolas vulnerables a la sobreexplotación y representando un impacto a nivel mundial, (CONAPESCA-IPN, 2004). Dentro de este grupo, las rayas habitan en una gran variedad de ambientes marinos, donde desempeñan un papel clave como depredadores de niveles tróficos superiores. Su presencia contribuye a mantener el equilibrio de los ecosistemas al regular las poblaciones de especies de niveles tróficos inferiores (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995). De esta forma, influyen en la estructura comunitaria y en los patrones de biodiversidad de otros organismos (Di Bitetti, 2008).

En este contexto, el análisis de la relación longitud-peso constituye una herramienta fundamental para obtener información básica sobre la dinámica poblacional de las especies, lo que a su vez favorece su manejo y conservación mediante la implementación de medidas de gestión pesquera (Froese, 2006; Koushlesh *et al.*, 2017; Correia *et al.*, 2018; Wei *et al.*, 2019). Este análisis permite estimar el peso de un organismo a partir de una longitud específica (Froese, 2006), y aporta datos claves para comprender como varía la masa corporal de los peces en función de su tamaño, lo que resulta esencial para inferir la estructura por edades, calcular tasas de crecimiento o evaluar otros aspectos de su dinámica poblacional (Wang *et al.*, 2013, Liu *et al.*, 2018).

El objetivo de este trabajo es determinar la relación longitud – peso y el factor de condición física de *Rhinoptera steindachneri* (Elasmobranchii; Batoidea) al sur del Golfo de Tehuantepec, en el Sistema Lagunar Mar Muerto, Tonalá, Chiapas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. TAXONOMÍA.

Reino. Animalia

Filo. Chordata

Subfilo. Vertebrata

Clase. Elasmobranchii

Subclase. Neoselachii

Infraclase. Batoidea

Orden. Myliobatiformes

Familia. Rhinopteridae

Género. *Rhinoptera*

Rhinoptera steindachneri (Evermann y Jenkins, 1892).

2.2. MORFOLOGÍA.

La *R. steindachneri*, se caracteriza por presentar una coloración parda en la parte dorsal y vientre blanquecino. Un cuerpo dorso-ventralmente aplanado en forma de diamante con la cabeza sobresaliente del disco con dos lóbulos subrostrales a cada lado. Los dientes forman de 6 a 9 placas superiores e inferiores. El ancho del disco es 1.7 a 1.8 veces su longitud, cola larga y delgada con 1 o 2 espinas. Presenta piel lisa (Robertson y Allen, 2008).

Se divide en tres regiones: la cabeza (que abarca desde el morro hasta la última hendidura branquial), el tronco (que se extiende desde el final de la cabeza hasta el pedúnculo caudal) y la región caudal (desde la cloaca hasta el extremo posterior de la aleta caudal) (González, 2006) (Figura 1).

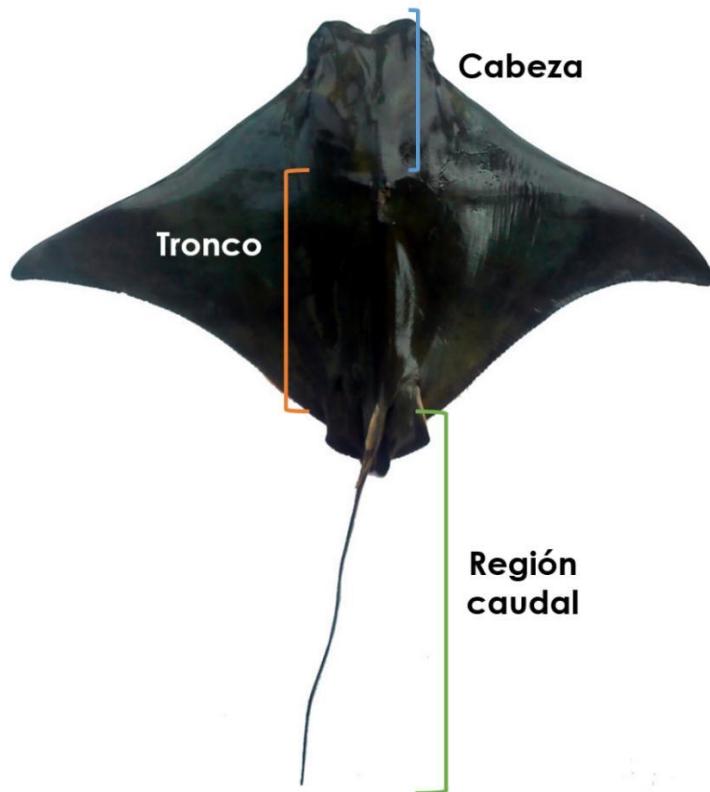


Figura 1. Regiones de la raya tecolote (*Rhinoptera steindachneri*) (Soli, 2025)

2.3. FISIOLOGÍA.

2.3.1 Sistema respiratorio.

Disponen de cinco a siete hendiduras branquiales, que junto con los espiráculos, les permiten absorber el oxígeno disuelto en el agua y así expulsar los desechos del proceso de respiración. Los filamentos o laminillas de sus branquias están llenos de vasos sanguíneos, lo que facilita este intercambio de gases (Carrier *et al.*, 2004) (Figura 2).

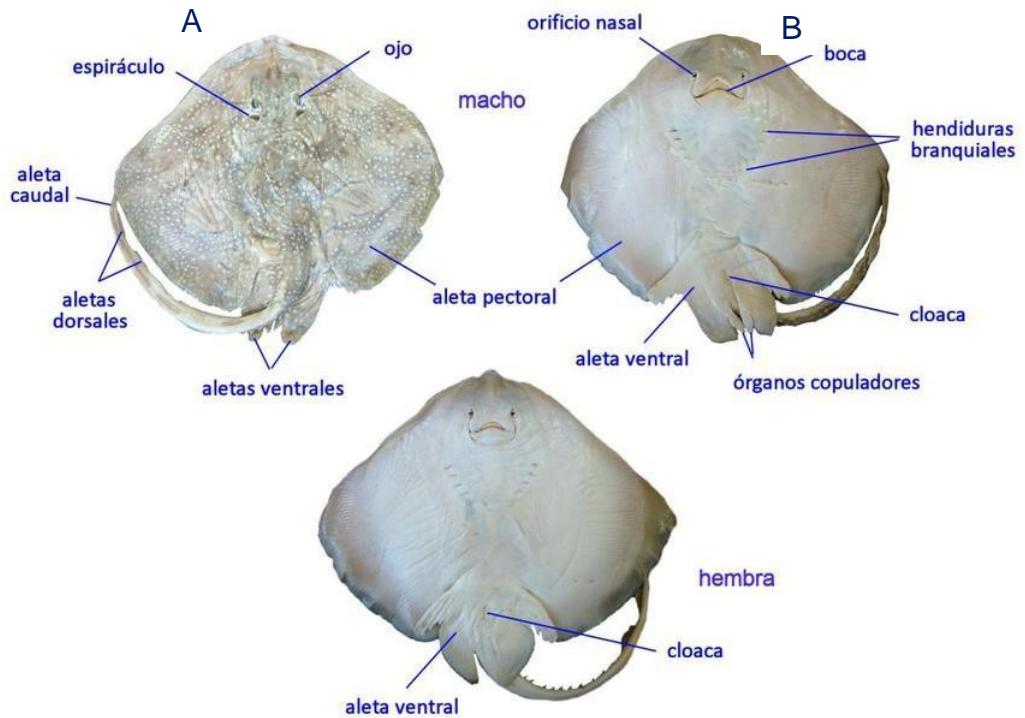


Figura 2. Vista dorsal (a) y ventral (b), donde se muestran principales estructuras anatómicas externas de los batoideos, incluyendo los espiráculos, hendiduras branquiales y claspers (García-Moreno *et al.*, 2012)

2.3.2 Sistema digestivo.

El sistema digestivo comienza con una boca equipada con numerosos dientes organizados en varias filas. A continuación se encuentra la faringe, seguida de un esófago corto y ancho que conduce a un estómago tubular con un ciego. En el intestino, se halla una válvula espiral que mejora la absorción de nutrientes. Al final del sistema, se ubica la cloaca y el ano, ambos asociados con una glándula rectal, en algunas especies, el inicio del intestino cuenta con ciegos pilóricos (González, 2006). Además, destaca la presencia de un hígado grande y rico en aceite (escualeno), junto con una vesícula biliar, entre el estómago y el intestino, se encuentra un páncreas de forma bilobulada (Carrier *et al.*, 2004) (Figura 3).

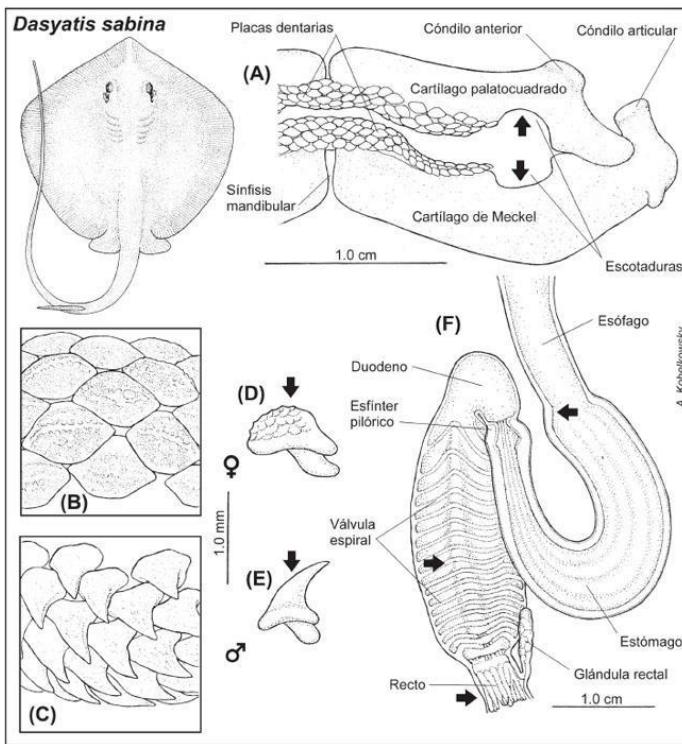


Figura 3. Sistema digestivo de *Dasyatis sabina*. A) Articulación mandibular, B-C) Escamas dérmicas. D-E) Válvula espiral en hembras y machos. F) Sistema digestivo. (Kobelkowsky, 2010)

2.3.3. Sistema sensorial.

La línea lateral constituye un sistema sensorial esencial que concluye órganos receptores especializados, llamados neuromastos, y también detectores de campos eléctricos, conocidos como las ampollas de Lorenzini (Fields, 1982) (Figura 4). El sentido del olfato se realiza en sacos olfatorios cubiertos por una membrana que guía el agua hacia el inferior, donde se encuentran las láminas sensoriales formadas por células receptoras olfativas (González, 2006).

La visión se lleva a cabo a través de los ojos, cuyo globo ocular tiene una forma elíptica. Posee una córnea central esclerótica y transparente, mientras que el iris regula la cantidad de luz que ingresa al ojo. El cristalino, que es casi esférico, se encarga de enfocar la visión. En la retina se encuentran los fotorreceptores, predominantemente bastones, junto con una membrana reflectora detrás de esta, conocida como tapetum. Finalmente, el equilibrio está relacionado con el funcionamiento

del sistema vestibular y el sistema auditivo (Bleckmann y Hofmann, 1999; González, 2006).

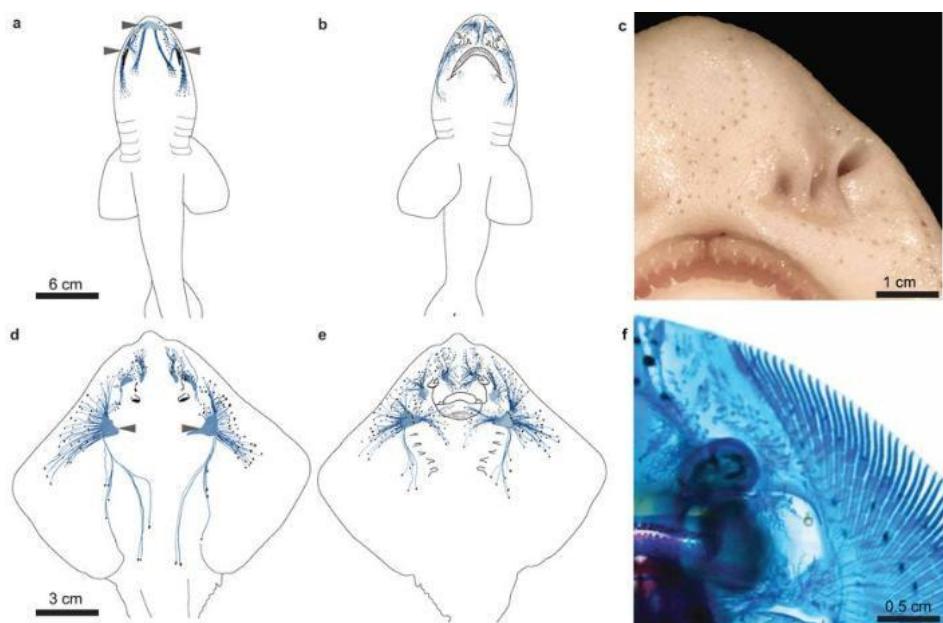


Figura 4. Distribución de las ampollas de Lorenzini en el tiburón gato de cadena (*Scyliorhinus retifer*) y la raya pequeña (*Leucoraja erinacea*), mostrando vistas dorsal y ventral, así como detalles de los poros y canales sensoriales (Bellono et al., 2018)

2.3.4. Sistema nervioso.

El encéfalo es el órgano principal del sistema nervioso y se divide en tres regiones: el cerebro anterior o prosencéfalo, que incluye lóbulo y bulbos olfatorios altamente desarrollados, junto con el cuerpo pineal, el infundíbulo y la hipófisis; el mesencéfalo o cerebro medio, caracterizado por la presencia de lóbulos ópticos redondeados; y el cerebro posterior o rombencéfalo, donde se encuentra el cerebelo. Este sistema cuenta con diez pares de nervios craneales que inervan diferentes órganos, mientras que el cordón nervioso central está protegido por los arcos neurales de las vértebras. Además, el sistema nervioso simpático está compuesto por una serie de ganglios segmentarios (Carrier et al., 2004) (Figura 5).

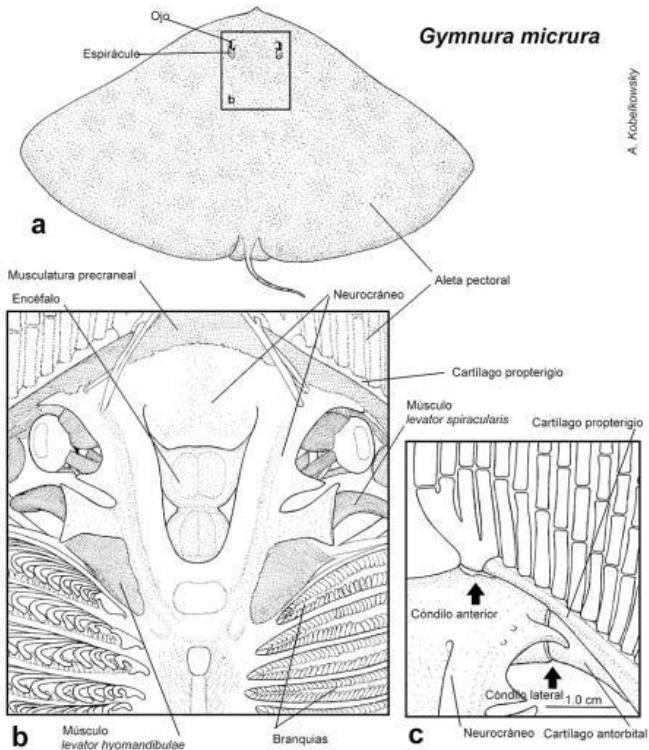


Figura 5. Estructura anatómica de la raya *Gymnura micrura*, a) Vista dorsal general del cuerpo, b) Detalle de la regióncefálica mostrando musculatura precraneal, encefálica y branquias, c) Vista detallada del complejo cartilaginoso del neurocráneo y cartílago anorbital, donde se señalan el cóndilo anterior y el cóndilo lateral (Kobelkowsky, 2017).

2.3.5. Sistema circulatorio.

El sistema circulatorio empieza en el pericardio, localizado debajo de la región branquial, donde se encuentra el corazón compuesto por dos cámaras: una aurícula y un ventrículo, además de un seno venoso y un cono arterioso. La sangre es recolectada inicialmente en el seno venoso, luego se oxigena en las branquias y pasa por el corazón solo una vez durante cada circuito. Los glóbulos rojos en este sistema tienen forma ovalada y poseen núcleo (Figura 6) (Liem *et al.*, 2001).

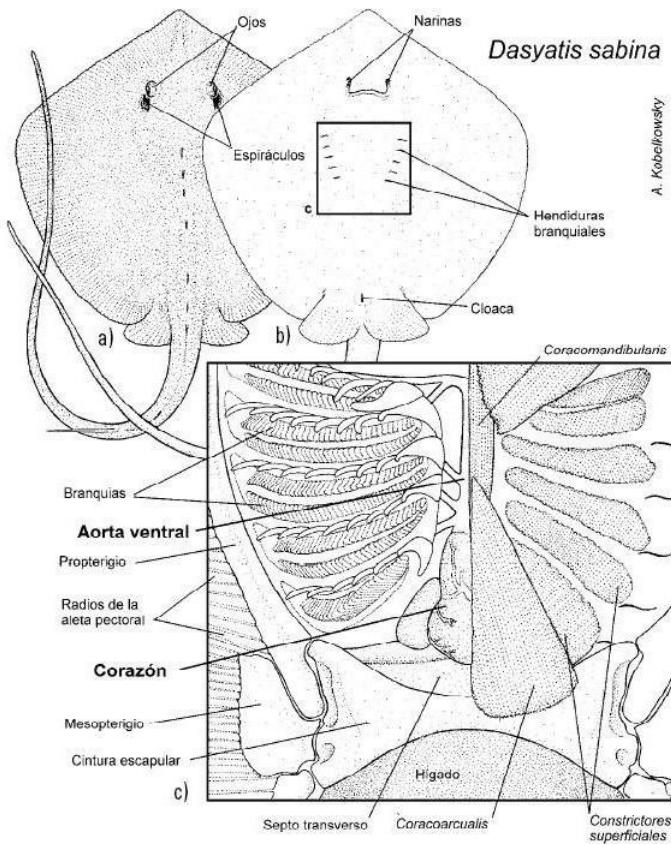


Figura 6. Sistema circulatorio de *Dasyatis sabina*, A -B) vista dorsal con disposición de ojos, narinas, espiráculos y hendiduras branquiales. C) Vista interna del sistema branquial y cardiovascular, mostrando corazón, aorta ventral y estructuras asociadas (Kobelowsky, 2012).

2.4. DISTRIBUCIÓN.

La distribución de *R. steindachneri* abarca desde las costas de Baja California, México, hasta Perú, incluyendo el golfo de California (Love *et al.*, 2005; Bizzarro *et al.*, 2007a) y las islas Galápagos (Grove y Lavenberg, 1997) (Figura 7). Es una especie altamente migratoria, transitoria, que por lo general forma grandes grupos o que se desplaza en agregaciones libres (Bizzarro *et al.*, 2007b). Habita en aguas que van desde la zona intermareal hasta profundidades de 25 metros, aunque se ha registrado en ocasiones a profundidades de hasta 65 metros. Suele asociarse con fondos arenosos, pero también puede encontrarse cerca de áreas rocosas o arrecifes de coral. A menudo, realiza migraciones en grandes cardúmenes o se desplaza en grupos. Se cree que sus movimientos están relacionados con la temperatura del agua; por ejemplo, en

primavera tiende a migrar hacia el norte del Golfo de California, mientras que en otoño se desplaza hacia el sur (McEachran y Di Sciara, 1995; Bizzaro *et al.*, 2007c).

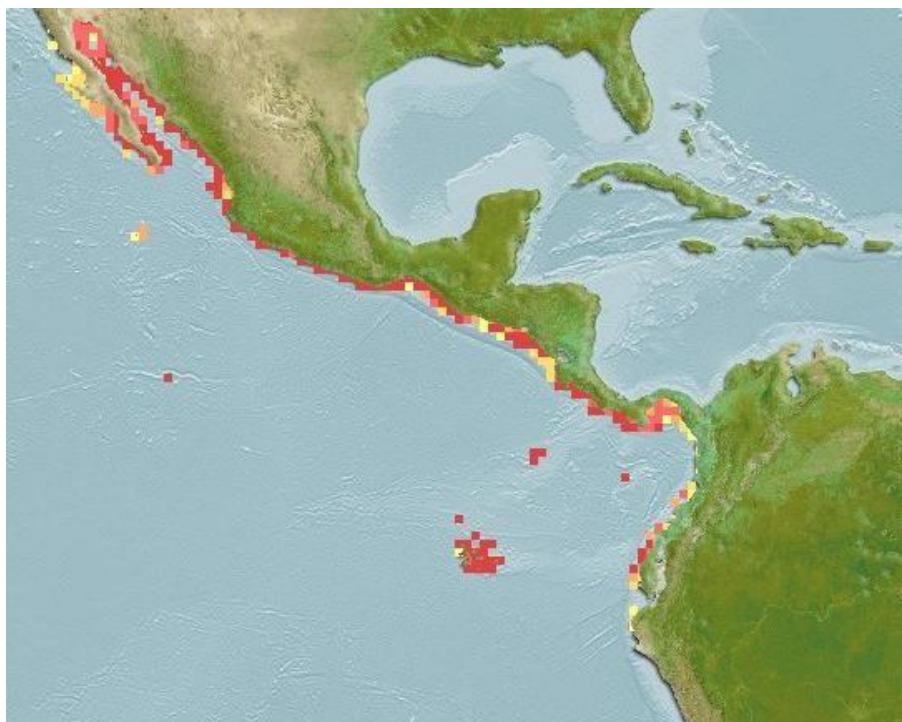


Fig. 7. Área de distribución de la *R. steindachneri* (Fishbase, 2025).

Esta especie se encuentra frecuentemente en zonas costeras, incluida áreas cercanas a estuarios, los cuales son ecosistemas costeros semicerrados con libre conexión al mar, donde el agua dulce proveniente del drenaje continental se mezcla con el agua marina, generando un ambiente dinámico influenciado por las mareas y con variabilidad en su composición a lo largo del tiempo y el espacio (Pritchard, 1967; Ibáñez, 1993).

2.5. ESTRUCTURA POBLACIONAL.

2.5.1. Edad.

La especie se caracteriza por un rango de edad que abarca desde los 0 hasta 13 años. Se ha documentado que tanto hembras como macho pueden alcanzar una edad máxima de 13 años. Sin embargo, se ha observado que las hembras suelen presentar

tallas mayores, llegando hasta 96.9 cm AD, mientras que para machos alcanzan un tamaño máximo de aproximadamente 92.9 cm AD (Carrillo-Colín, 2019).

En la entrada del Golfo de California, mediante la lectura de marcas de crecimiento en vertebras, reportan edades de 0-3 años en organismo de 23.7 – 61.5 cm AD, los cuales en su mayoría se encuentran por debajo de la talla de primera madurez (López-López, 2018).

2.5.2. Tamaño.

En la Bahía de la Paz, México, se han descrito que las hembras alcanzan la madurez sexual a un tamaño promedio de 71.8 cm de ancho de disco (AD), mientras que las hembras preñadas presentan tallas cercanas a 84.3 cm AD, con procesos reproductivos que ocurren principalmente entre los meses de mayo y julio. Durante este periodo, las crías al nacer presentan tallas entre 38.1 y 42 cm de ancho de disco (AD) (Burgos-Vázquez *et al.*, 2018).

Por otro lado, en Bahía Almejas, Baja California Sur, también se han registrado hembras con tamaños reproductivos variables, incluyendo ejemplares grávidos de 75 cm y 84 cm AD, además de un valor estimado de AD50% de 80.4cm, que corresponde al tamaño en el cual la mitad de las hembras alcanza la madurez sexual (Flores-Pineda, 2008).

2.6. ECOLOGÍA.

2.6.1. Dieta.

Su alimentación de *R. steindachneri* está compuesta por una variedad de presas, donde se incluyen crustáceos, gasterópodos, bivalvos, cefalópodos, peces y fragmentos de macro algas. Dentro de su dieta, destaca el bivalvo *Tellina subtrigona* como el recurso más importante, representando la mayor proporción de su consumo, esta especie muestra un patrón alimenticio especializado, centrado principalmente en este tipo de presas (Simental-Anguiano *et al.*, 2022).

2.6.2. Comportamiento.

La *R. steindachneri* muestra un comportamiento grupal caracterizado por cardúmenes numerosos, lo cual contribuye a optimizar la localización de alimento y brinda mayor protección contra depredadores, además realiza migraciones estacionales, respondiendo a cambios en la temperatura del agua y la disponibilidad de alimentos. También estas migraciones están relacionadas con su ciclo reproductivo, ya que busca áreas que ofrezcan condiciones favorables para el desarrollo y nacimiento de las crías (Carrillo-Colín, 2019).

2.6.3. Reproducción.

Los machos de *R. steindachneri* cuentan con estructura denominadas gonopterigios o claspers, que son extensiones del borde interno de las aletas pélvicas y se utilizan durante la cópula al insertarse en la cloaca de la hembra para lograr la fecundación (Pratt *et al.*, 1990). Esta especie se caracteriza por ser vivípara aplacentada (Hamlett *et al.*, 1985). En las hembras, únicamente el ovario y el útero izquierdo son funcionales, lo que permite una fecundidad limitada, a un embrión por ciclo uterino.

En términos generales, esta especie muestra baja fecundidad, grandes tamaños al nacer y al alcanzar la madurez, así como un ciclo reproductivo anual que es continuo y sincronizado (Burgos-Vázquez *et al.*, 2018).

2.7. ESTADO DE CONSERVACIÓN.

La *R. steindachneri* está protegida por la NOM-029-PESC-2006, una estrategia de manejo que busca garantizar el uso racional y sostenible de los elasmobranquios, estableciendo el equipo y esfuerzo pesquero permitido para la captura de tiburones y rayas (D.O.F., 2007). Además, está sujeta a una vedada temporal que abarca del 1 de mayo al 31 de julio de cada año en las aguas bajo jurisdicción federal de México (D.O.F., 2012).

Aunque no está clasificada en ninguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F., 2010), la Unión Internacional para la Conservación de la

Naturaleza (IUCN) la incluye en su lista roja como una especie “casi amenazada” (IUCN, 2014).

2.8. IMPORTANCIA PESQUERA.

Se ha mencionado a *R. steindachneri* dentro de la pesca tanto incidental, así como también dentro de pesca objetivo, como mencionan Márquez-Farías y Blanco-Parra (2006) quienes indican que dentro de la pesquería artesanal de rayas en el Golfo de California, *R. steindachneri* representa el 11% de esta pesquería.

Según estudios de Bizarro *et al.* (2007a) la *R. steindachneri* fue una de las especies recurrentes en los desembarques de verano donde se conformó por el 11.4% total de los organismos capturados en otoño y para invierno, de igual forma menciona que no hay pesca dirigida específicamente a esta especie para el noroeste del Pacífico, si no que ésta es capturada en pesquerías dirigidas a especies mixtas, donde es desembarcada y comercializada. Ésta especie no tiene importancia pesquera en Oaxaca y Chiapas, por otro lado, se capture como parte de la fauna de acompañamiento del camarón (Díaz-Carballido, 2011).

III. ANTECEDENTES

A nivel mundial, es limitada la información acerca de la relación longitud-peso en rayas, sin embargo, estas relaciones son fundamentales para evaluar poblaciones, ya que permiten transformar mediciones de longitud en peso y calcular la biomasa. Además, reflejan diferentes condiciones para variar poblaciones a lo largo de su ciclo de vida. Estos estudios aportan información valiosa sobre el crecimiento, madurez, reproducción, nutrición y además, permite evaluar el estado de salud de las especies (Granado-Lorencio, 1997; Arismendi *et al.*, 2011). Conocer estas características en poblaciones de peces que habitan sistemas con baja o nula intervención antrópica, resulta crucial para establecer líneas bases ecológicas, lo que a su vez permite predecir algunos cambios en poblaciones amenazadas o que se desarrollan en un ambiente perturbado (Treer *et al.* 2008; Agboola & Anetekhai 2008). Algunos de los estudios que se han desarrollado a nivel nacional sobre relaciones longitud-peso y bandas de crecimiento en rayas han permitido describir aspectos reproductivos y morfométrico de diversas especies de batoideos en distintas regiones de México.

Villavicencio-Garayzar *et al.* (1994) reportaron que en el noroeste del Pacífico mexicano, las tallas de la especie *Hypanus longus* varían entre 41 y 131 cm de largo. De igual forma observaron que en las hembras, los ovarios izquierdos y el oviducto derecho son funcionales. Las hembras preñadas más pequeñas tenían una longitud de 110 cm, con solo un embrión.

Downton-Hoffman (1996) realizó una investigación sobre el pez guitarra *Rhinobatos productus* en la costa occidental de Baja California Sur, aportando información clave de su reproductivo. Se documentó la presencia de diapausa embrionaria y se estimó la talla de primera madurez sexual en machos y hembras. Asimismo se analizó la relación longitud-peso, observándose un crecimiento isométrico en ambos sexos, lo cual resulta esencial para calcular la biomasa y aplicar modelos poblacionales.

Lara-Mendoza y Márquez-Farías (2014) analizaron la estructura de tallas y la relación peso-longitud del pez guitarra pinta (*Rhinobatos glaucostigma*) en la plataforma continental de Sinaloa, México, analizando 1,129 ejemplares. La mayoría fueron juveniles (57%), capturados a profundidades menores de 15 m, se identificaron cuatro estadios de desarrollo y se registraron tallas de hasta 87 cm. El crecimiento fue alométrico negativo en ambos sexo y la proporción sexual fue cercana al equilibrio. Más del 63% de la captura correspondió a organismos jóvenes, lo que podría comprometer el reclutamiento poblacional.

Ehemann *et al.* (2017) evaluaron las relaciones talla-peso en nueve especies de batoideos capturados por pesca artesanal en la Bahía de La Paz, BCS. Se analizaron 2,012 ejemplares recolectados entre 2013 y 2016, cinco especies presentaron crecimiento isométrico y cuatro alométrico positivo. En tres especies, las hembras fueron significativamente más grande y pesadas que los machos.

En el ámbito internacional, los estudios también han realizado contribuciones importantes que enriquecen el conocimiento sobre los batoideos en distintas regiones del mundo.

Raje (2000) evaluó cinco especies en la costa de Mumbai, India, incluyendo *Rhinoptera javanica*, *Dasyatis uarnak*, *D. sephen*, *Trygon walga* y *Gymnura micrura*, encontrando que la relación longitud-peso no presentó diferencias significativas entre sexos. En todos los casos, los valores del coeficiente del crecimiento (b) fueron menores a 3, indicando un crecimiento alométrico negativo, es decir, que el peso aumenta a un ritmo menor que la longitud.

Yığın e Ismen (2009) reportan la presencia de siete especies de rayas en el Mar Egeo Norte, distribuidas en cuatro familias: Rajidae (*Raja clavata*, *Raja miraletus*, *Raja rádula*, *Rostroraja alba*), Dasyatidae (*Dasyatis pastinaca*), Gymnuridae (*Gymnura altavela*) y Myliobatidae (*Myliobatis Aquila*), destacaron la falta de información sobre

este tema en las costas de Turquía y señalaron que tales datos son fundamentales para comprender la estructura de las existencias.

Raykov y Yankova (2013) llevaron a cabo investigaciones en la costa búlgara del Mar Negro, donde encontraron que la especie *Raja clavata* exhibe un crecimiento alométrico en ambos sexos, siendo las hembras las que representan exponentes de crecimiento más altos. Analizaron 171 individuos, de los cuales 107 eran hembras y 64 machos, registrando diferencias significativas en tallas y pesos entre ambos sexos. La longitud y el peso fueron mayor en hembras, y el coeficiente alométrico varió mensualmente, posiblemente influenciado por la disponibilidad de alimento, la temperatura y la presión pesquera.

Lteif *et al.* (2016) analizaron la relación longitud-peso en ocho especies de elasmobranquios en aguas libanesas del Mediterráneo oriental, incluyendo tres especies de tiburones (*Centrophorus uyato*, *Squalus blainville* y *Galeus melastromus*) y cinco batoideos (*Rhinobatos rhinobatos*, *R. cemiculus*, *Raja clavata*, *R. miraletus* y *Torpedo marmorata*). Los resultados mostraron que la variable de crecimiento b osciló entre 1.752 y 3.337, indicando patrones de crecimiento alométrico negativo y positivo según la especie. De igual manera se encontraron diferencias significativas entre sexos en *C. uyato* y *T. marmorata*, lo que resalta la importancia de considerar estos factores en la evaluación de poblaciones y en la implementación de medidas de conservación.

De la Cruz-Aguero *et al.* (2017) reportaron por primera vez las relaciones longitud-peso para cinco especies de elasmobranquios en el Pacífico oriental, *Heterodontus francisci*, *Urobatis halleri*, *Urobatis maculatus*, *Diplobatis ommata* y *Rhinobatos productus*. Los análisis realizados revelaron que el exponente b de la relación longitud-peso oscilo entre 2.52 y 3.06, lo que sugiere patrones de crecimiento tanto isométrico como alométrico en algunas de estas especies.

Pincay- Espinoza *et al.* (2022) estudiaron la relación longitud-peso de cuatro especies de batoideos en la costa del Pacífico Ecuatoriano (*Zapteryx xyster*, *Rostroraja equatorialis*, *Pseudobatos leucorhynchus* y *Gymnura crebripunctata*. Sus hallazgos revelaron que *P. leucorhynchus* y *G. crebripunctata* presentaron un crecimiento isométrico, mientras que *Z. xyster* mostró un crecimiento alométrico negativo y *R. equatorialis* un crecimiento alométrico positivo.

3.1. BANDAS DE CRECIMIENTO.

Smith y Merriner (1987) reportan que las bandas hilianas en *Rhinoptera bonasus* son eventos anuales y que su depósito ocurre de noviembre a abril en la Bahía de Chesapeake. Las tallas variaron entre 32 y 107 cm de ancho de disco (AD). Mediante el modelo de von Bertalanffy, estimaron los parámetros de crecimiento para hembras como $AD^{\infty} = 125$ cm, $k = 0.119$ años⁻¹ y $t_0 = -3.764$ años y $AD^{\infty} = 119.2$ cm, $k = 0.0126$ años⁻¹ y $t_0 = -3.699$ años para machos.

Neer y Thompson (2005) determinaron la edad y describieron el crecimiento en talla a partir de vértebras de *R. bonasus* en el noroeste del Golfo de México. Encontraron que el modelo de Gompertz fue el que mejor se ajustó a los datos observados, como parámetros estimados de $AD^{\infty} = 110.0$ cm, $k = 0.133$ años⁻¹, $t_0 = -0.2573$ años y una edad máxima de 17 años para sexos combinados.

Carrillo-Colín (2016) llevó a cabo un estudio sobre la edad y el crecimiento de la *R. steindachneri* en el cual empleó el análisis de incremento marginal para examinar la formación de bandas de crecimiento en las vértebras de la especie. Sus hallazgos indicaron que estas bandas se forman anualmente, con las bandas opacas desarrollándose entre marzo y agosto, mientras que las bandas hialinas aparecen entre septiembre y febrero.

López-López (2018) en la entrada del Golfo de California, mediante la lectura de marcas de crecimiento en vértebras de *R. steindachneri*, reporta edades de 0-3 años en organismos de 23.7-61.5 cm AD. Los autores concluyen que las rayas

capturadas en los arrastres de camarón son de menor longitud y edad, que las capturadas por pesca dirigida.

Carrillo- Colín *et al.* (Sometido) reportan, en un estudio mediante métodos directo de vértebras en el sureste del Golfo de California, la formación de un par de bandas (una opaca y una hialina) anuales, donde la opaca se forma en los meses de primavera-verano y la hialina de otoño-invierno. Mediante inferencia multimodelos utilizando metodología Bayesiana, determinaron que el modelo que mejor se ajustó a los datos fue el de Gompertz con dos parámetros estimados: $AD_{\infty} = 105.72 \pm 7.89$ cm, $k = 0.137 \pm 0.021$ años⁻¹ y una talla de nacimiento (AD_0) de 40.62 ± 0.493 cm para hembras. Las edades estimadas fluctuaron entre 0-13 años de edad. La edad máxima para hembras y machos fue de 13 años, con 96.9 cm AD en hembras, mientras que para machos correspondió a un ejemplar de 92.9 cm AD.

IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las relaciones morfométricas, de longitud–peso y factor de condición física de la raya tecolote (*Rhinoptera steindachneri*) en el sistema lagunar estuarino Mar Muerto, Tonalá, Chiapas.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el peso del individuo en relación a su longitud.
- Estimar la condición corporal del individuo.
- Determinar relaciones de la longitud del disco con la longitud total.
- Determinar relaciones de la longitud total y del disco con la longitud del gonoppterigio.

4.3. HIPÓTESIS

La relación longitud-peso en la raya tecolote (*R. steindachneri*) sigue un patrón alométrico, donde el peso aumenta de manera desproporcionada con respecto a la longitud. Específicamente, se espera que el exponente de la ecuación alométrica $W=aL^b$ sea mayor a 3, lo que indicaría que el aumento en peso es más rápido que el aumento en longitud, reflejando un cambio en la forma corporal conforme el organismo crece.

V. ZONA DE ESTUDIO

La Laguna Mar Muerto se localiza en la parte norte del Golfo de Tehuantepec entre los $15^{\circ} 58'$ y $16^{\circ} 17'$ de latitud norte, y entre los $93^{\circ} 50'$ y $94^{\circ} 25'$ de longitud oeste, y forma parte de los estados de Oaxaca y Chiapas. Tiene una longitud de 12 km en su parte más ancha y 60 km de largo, con un área aproximada de 700 km^2 (Tapía-García *et al.*, 2011) (figura 8). En esta laguna en la región sureste predominan condiciones marinas constantes debido al continuo aporte de agua de mar a través de la Boca de Tonalá, mientras que en la zona central el intercambio de agua es limitado, lo que provoca variaciones estacionales. En el área noroeste, que es bastante somera, se observan grandes fluctuaciones estacionales, resultando en un sistema con condiciones eurihalinas. Además, desembocan varios ríos pequeños, que se secan durante la temporada de sequía, siendo el río Tapanatepec el de mayor relevancia, desembocando en la zona conocida como "El Escopetazo" (Álvarez del Villar y Díaz Pardo, 1973).

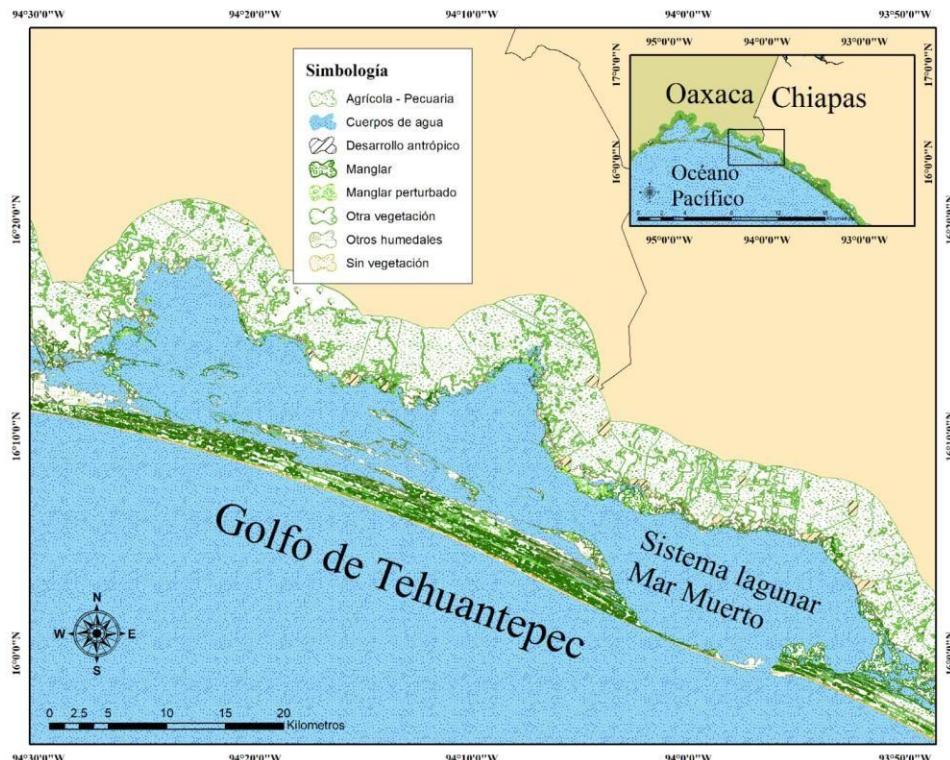


Figura 8. Ubicación geográfica del Sistema Lagunar Mar Muerto

La laguna Mar Muerto se organiza en tres subsistemas hidrológicos, cada uno con características particulares que reflejan su conexión con el entorno. El subsistema eurihalino, situado en la zona más interna de la laguna, es notable por su alta turbidez y las grandes fluctuaciones en la salinidad, lo que lo convierte en un entorno dinámico y cambiante. Por otro lado, el subsistema marino, que se comunica directamente con el océano a través de la Boca de Tonalá, es el más profundo y presenta una salinidad y temperatura más estables, además de una turbidez considerablemente baja. Entre estos dos extremos se encuentra el subsistema de transición, que abarca la parte media de la laguna, funcionando como un puente que equilibra las condiciones del subsistema eurihalino con las del subsistema marino, creando una mezcla única de características intermedias (Tapia y Ramírez, 2011).

5.1. CLIMA.

La laguna Mar Muerto es un ecosistema dinámico, caracterizado por amplias fluctuaciones tanto en temperatura como en salinidad, que varían de acuerdo con las condiciones climáticas predominantes. Las temperaturas pueden oscilar entre los 21,5 y los 38,5 grados centígrados, mientras que la salinidad va desde 13 hasta 90 ups. Durante la temporada de sequía, cuando soplan los vientos conocidos como “Tehuantepecanos”, y el inicio de la temporada de lluvias, la laguna presenta un comportamiento típico de un antiestuario. Sin embargo, conforme avanza la temporada de lluvias, este patrón cambia de manera opuesta, mostrando un comportamiento más similar a un estuario tradicional (Tapia y Ramírez, 2011).

5.2. FLORA Y FAUNA.

La vegetación presente en el sistema lagunar Mar Muerto, está principalmente dominada por *Avicennia germinans*, también conocida como mangle negro o madre sal. Como se mencionó antes, esta especie está relacionada con el gradiente longitudinal del área, que se caracteriza por el aumento de salinidad y temperatura de sur a norte. Junto al mangle negro, se pueden observar otras especies importantes, como el *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y

Conocarpus erectus (botoncillo) (Luego y Snedaker, 1974, citado en Castillo y Alvarado, 2009).

El sistema lagunar Mar Muerto alberga una rica biodiversidad, con un registro de 43 especies de peces dominantes identificadas hasta la fecha, de este conjunto, 20 especies constituyen más del 90% del total de individuos observados, destacándose por su abundancia. Entre las más comunes en número de individuos se encuentran *Diapterus peruvianus*, *Lile stolifera*, *Anchoa mundiola*, *Anchoa lucida* y *Anchovia macrolepidota*. Estas especies no solo son abundantes en términos de cantidad, sino que también cumplen un papel importante en la dinámica del ecosistema (Tapia y García, 1997).

Además, este ecosistema es vital para muchas especies de peces, ya que lo utilizan como área de alimentación, protección y crianza. Algunas especies que habitan en la plataforma continental adyacente migran hacia la laguna, en busca de estas funciones esenciales para su desarrollo y supervivencia. La diversidad de hábitats y los recursos que ofrece el sistema lagunar hacen de este un lugar clave para la preservación de diversas especies marinas (Tapia y García, 1997).

5.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS.

El Sistema Lagunar Mar Muerto, tiene una importancia económica, ya que las pesquerías son de gran significante, con registros de capturas relativamente altos (Romero y Castro, 1983).

La abundancia de peces en este Sistema Lagunar beneficia a las comunidades humanas que se encuentran cerca, pues la principal actividad económica es la pesca ribereña. Esta actividad se viene centrando en la captura de especies como el camarón (*Litopenaeus vannamei*), lisa (*Mugil cephalus*), robalo (*Centropomus robalito*), jaiba (*Callinectes arcuatus*), entre otras.

MÉTODOS

6.1. CAMPO.

Durante los meses de febrero y marzo de 2024, se llevaron a cabo dos salidas de muestreo en las que se recolectaron un total de 27 organismos. Los organismos fueron capturados mediante redes de enmallado o pesca artesanal en áreas seleccionadas del estuario. Los especímenes capturados, fueron colocados de inmediato en hielo y transportados al Laboratorio Interdisciplinario de Ecología Costera, ubicado en el Centro de Investigaciones Costeras, UNICACH, en el municipio de Tonalá, Chiapas.

6.2. LABORATORIO.

Los organismos capturados se fijaron en formol al 10% durante tres días, posteriormente, se lavaron con agua destilada para eliminar cualquier residuo y se conservaron en alcohol etílico al 70%. A cada ejemplar se le tomaron las siguientes medidas: longitud total (LT), longitud del disco (LD), ancho del disco (AD), longitud preorbital (LP), y en el caso de los machos, la longitud de los gonopterigios (LG) (Figura 9), el peso se tomó con una balanza digital (RHINO 20 kg).

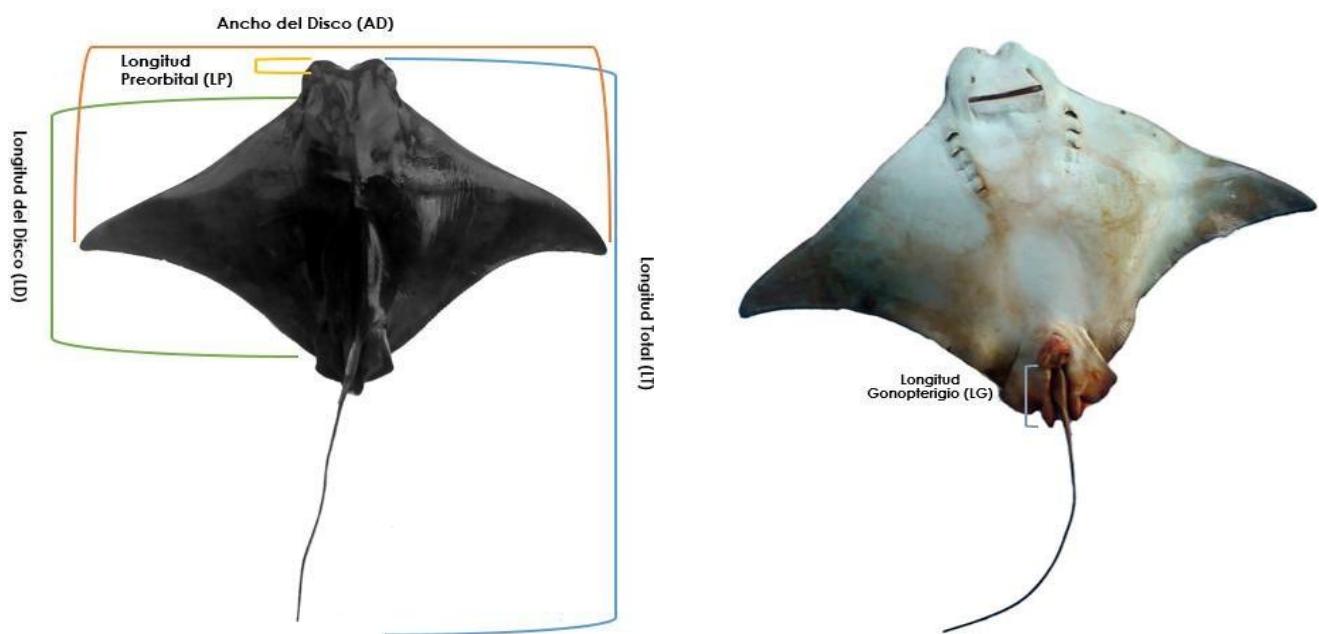


Figura 9. Medidas morfométricas obtenidas de *R. steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1891).

6.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.

Las relaciones morfométricas fueron analizadas por separado para machos y hembras.

La relación peso total-longitud total (PT-LT) se estimó mediante un modelo potencial, utilizando la ecuación propuesta por Ricker (1975).

$$PT = a (LT)^b$$

Donde:

a es la ordenada al origen.

b es la pendiente.

Asimismo, la relación longitud total-ancho del disco (LT-AD) fue estimado para machos y hembras utilizando el modelo lineal.

$$AD = a + b (LT)$$

Donde:

a es la ordenada.

b es la pendiente de la recta.

Para caracterizar las muestras y visualizar la distribución de las variables morfométricas, se elaboraron histogramas de frecuencia. Todos los análisis estadísticos y la generación de gráficos fueron realizados utilizando los programas de Microsoft Excel 2013 y Past 4.09.

VI. RESULTADOS

Se analizaron un total de 27 ejemplares de *R. steindachneri*, se clasificaron los organismos por sexo con base en la presencia o ausencia de gonopterigios (presentes únicamente en machos), permitiendo así analizar posibles diferencias morfométricas entre sexos.

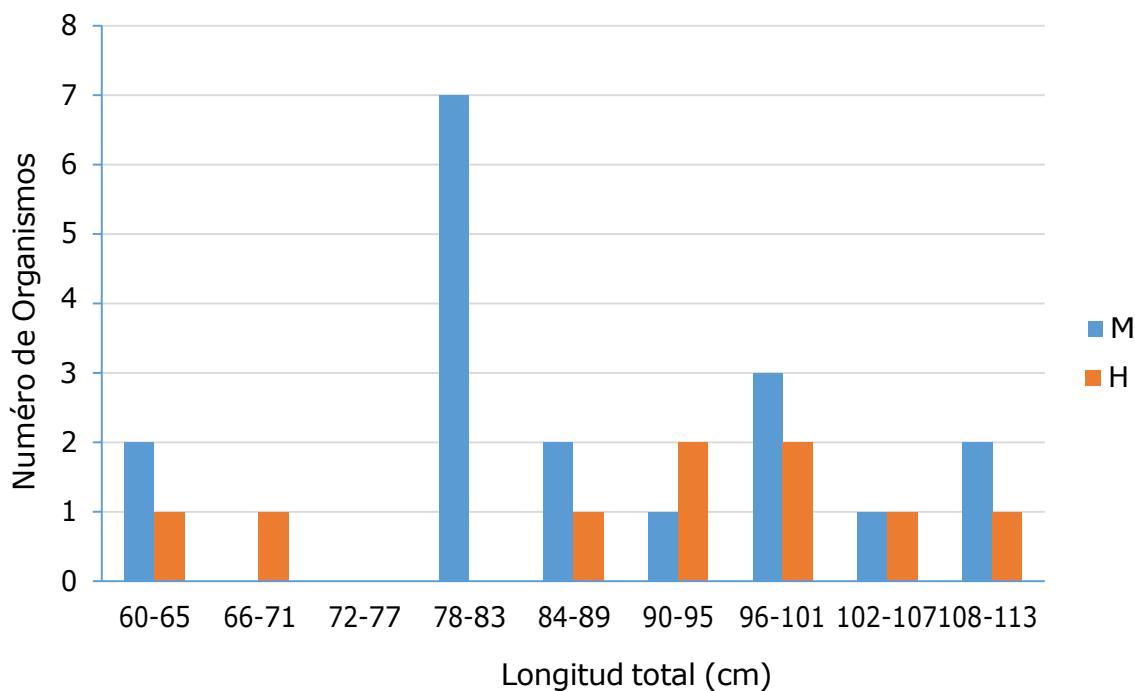


Figura 10.- frecuencia de organismos machos y hembras por rango de longitud total.

Se observa la distribución de la longitud total de organismos por sexo, revelando diferencias notables. Los machos se concentran principalmente en longitudes intermedia, alcanzando su punto máximo en el intervalo 78-83 cm, con 7 organismos. Por otro lado las hembras presentan una distribución un poco más dispersa en cuanto a sus longitudes, abarcando un rango más amplio, alcanzando su punto máximo en los intervalos 90 – 95 y 96 – 101 cm, con 2 organismos (Figura 10).

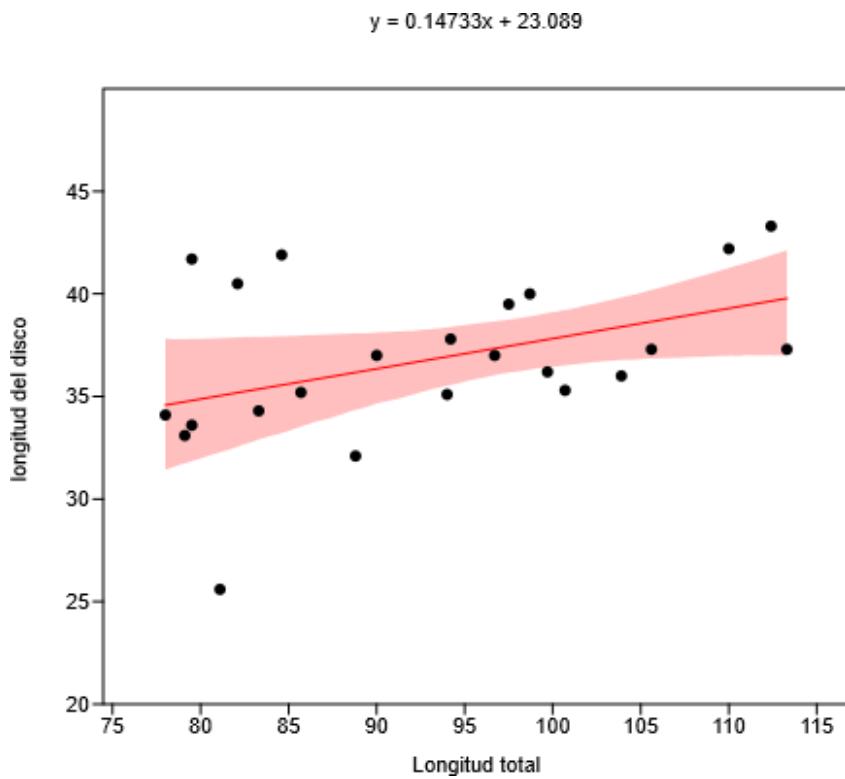


Figura 11. Relación entre la longitud total (cm) y la longitud del disco (cm) en individuos de ambos sexos.

a: 0.14733 (0.003331, 0.3056)

b: 23.089 (7.5576, 37.72)

r^2 : 0.1757

La comparación entre la longitud total (LT) y la longitud del disco (LD) evidencio que, conforme incrementa la longitud total, también aumenta la longitud de disco (Figura 11). La ecuación de regresión lineal fue: $y= 0.1473x + 23.089$ donde la pendiente ($a= 0.1473$; IC95%: 0.0033 – 0.3056) resultó estadísticamente significativa ($p < 0.05$), reflejando un incremento gradual de la longitud del disco conforme aumenta la longitud total. El interceptor (23.089; IC95%: 7.5576 – 37.72) indicó el valor estimado de la longitud del disco cuando la longitud total es cero. El coeficiente de determinación ($r^2= 0.1757$) indica que el modelo explica únicamente el 17.57% de la variabilidad observada en la longitud del disco.

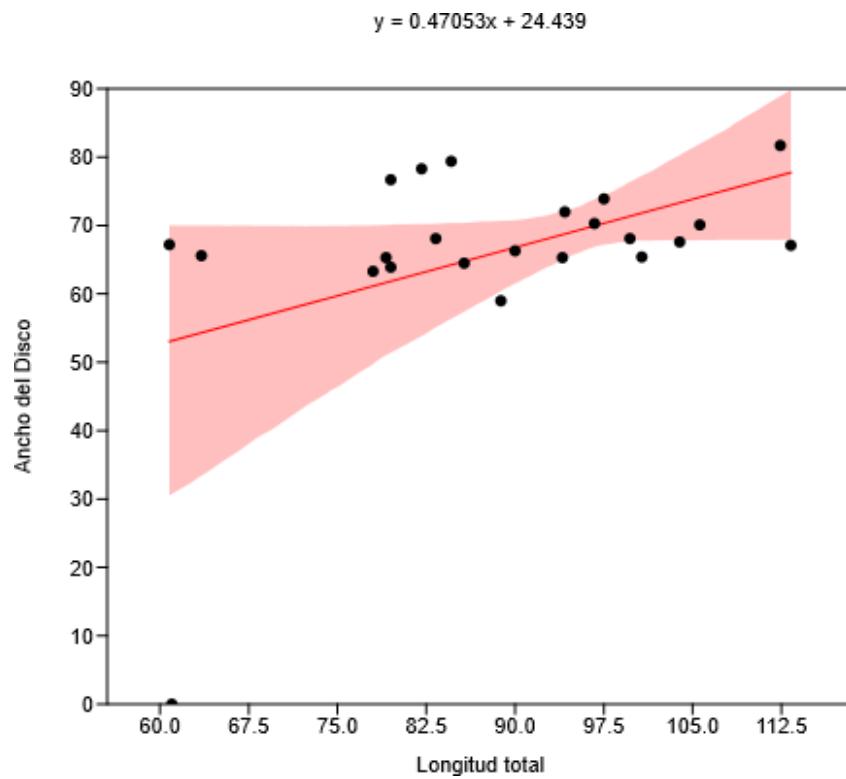


Figura 12. Relación entre la longitud total (cm) y el ancho del disco (cm) en ambos sexos.

$$a: 0.47053 (-0.1628, 0.9639)$$

$$b: 58.635 (-22.19, 84.49)$$

$$r^2: 0.2022$$

Se observó una tendencia positiva, indicando que a medida que la longitud total (LT) aumenta, también el ancho de disco (AD) (Figura 12). La ecuación de regresión lineal fue $y = 0.47053x + 24.439$, donde la pendiente ($a = 0.47053$; IC95%: -0.1628 – 0.9639) no resultó ser estadísticamente significativa ($p > 0.05$), lo que sugiere que el incremento del ancho del disco conforme aumenta la longitud total no es consistente dentro de la muestra. El intercepto ($b = 58.635$; IC95%: -22.19 – 84.49) representa el valor estimado del ancho de disco cuando la longitud total es cero. El coeficiente de determinación obtenido fue de ($r^2 = 0.2022$), mostró que el modelo explica aproximadamente el 20.22% de la variabilidad observada en el ancho del disco.

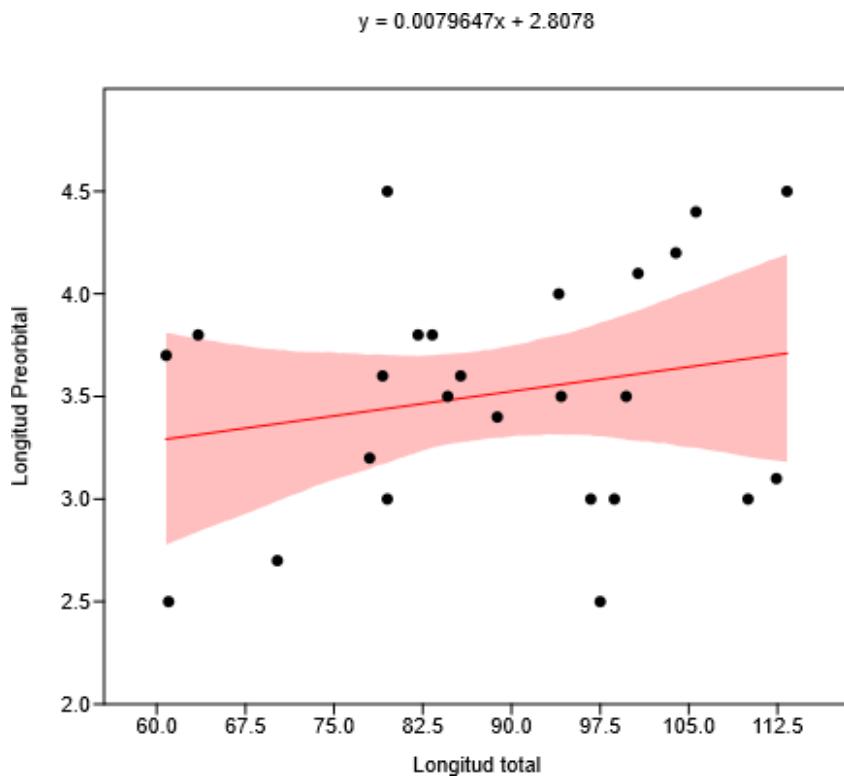


Figura 13. Relación entre la longitud total (cm) y la longitud preorbital (cm) en ambos sexos

$$a: 0.0079647 (-0.008661, 0.02607)$$

$$b: 2.8078 (1.223, 4.275)$$

$$r^2: 0.04444$$

La evaluación de la relación entre la longitud total (LT) y la longitud preorbital (LP), reveló una tendencia ascendente, lo cual sugiere que el crecimiento en la longitud total se refleja en un incremento de la longitud preorbital (Figura 13). La ecuación de regresión lineal obtenida fue: $y= 0.0079647x + 2.8078$ donde la pendiente ($a=0.0079647$; IC95%: $-0.008681 - 0.02807$) no resultó ser estadísticamente significativa ($P > 0.05$), lo que indica que el incremento de la longitud preorbital en función de la longitud total no es consistente dentro de las muestras. El interceptor ($b= 2.8078$; IC95%: $1.223 - 4.275$) representa el valor estimado de la longitud preorbital cuando la longitud total es cero. El coeficiente de determinación ($r^2= 0.04444$) mostró que el modelo explica únicamente el 4.4% de la variabilidad observada en la longitud preorbital.

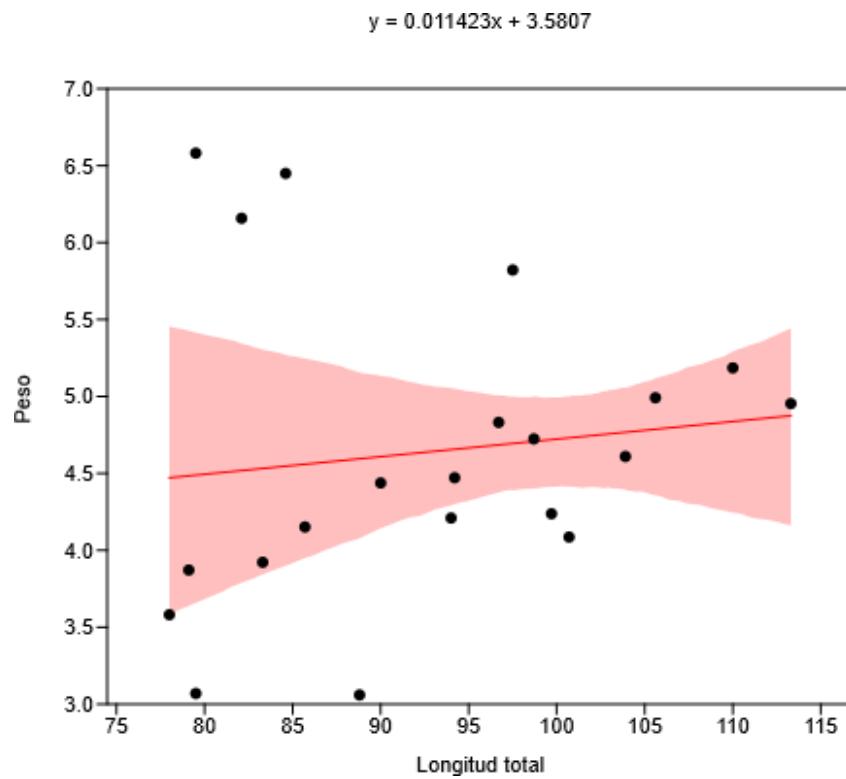


Figura 14. Relación entre la longitud total (cm) y el peso (kg) en ambos sexos.

$$a: 0.011423 (-0.02566, 0.05448)$$

$$b: 3.5807 (-0.6936, 7.349)$$

$$r^2: 0.01539$$

El análisis de la relación entre la longitud total (LT) y el peso mostró una correlación positiva, lo que implica que el aumento de la longitud total se asocia con un mayor valor en el peso (Figura 14). La ecuación de regresión lineal obtenida fue: $y= 0.011423x + 3.5807$, donde la pendiente ($a= 0.011423$; IC95%: - 0.02568 – 0.05448) no resultó estadísticamente significativa ($P > 0.05$), lo que indica que el incremento del peso en función de la longitud total no es consistente en las muestras. El intercepto ($b= 3.5807$; IC95%: -0.6936, 7.349) representa el valor estimado del peso cuando la longitud total es cero. El coeficiente de determinación ($r^2= 0.01539$) indicó que solo el 1.5% de la variabilidad en el peso puede explicarse por la longitud total.

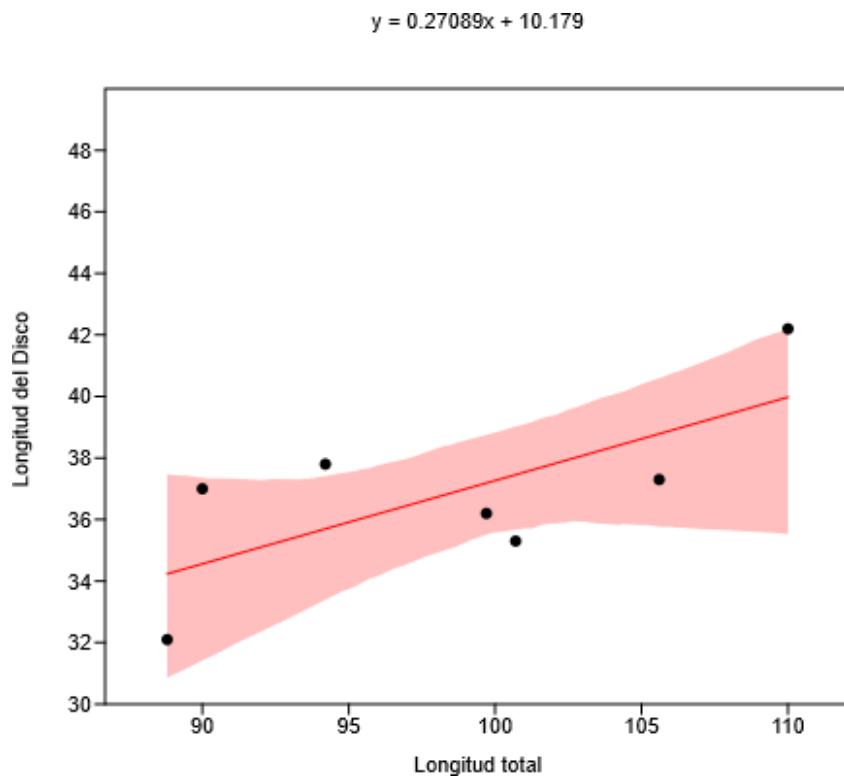


Figura 15. Relación entre la longitud total (cm) y la longitud del disco (cm) en hembras.

a: 0.27089 (0.05061, 0.6289)

b: 10.179 (-24.84, 33.04)

r^2 : 0.4974

El análisis de la asociación entre la longitud total (LT) y la longitud del disco (LD) en hembras, mostró una ligera relación positiva, indicando que, a medida que la longitud total de los organismos incrementa, la longitud del disco tiende aumentar también (Figura 15). La ecuación de regresión lineal obtenida fue: $y=0.27089 x + 10.179$ donde la pendiente ($a= 0.27089$; IC95%: 0.05061 - 0.6289) resultó estadísticamente significativa ($p < 0.05$), lo que refleja un incremento consistente de la longitud del disco en función del aumento de la longitud total. El intercepto ($b= 10.179$; IC95%:-24.84 - 33.04) representa el valor estimado de la longitud del disco, cuando la longitud total es igual a cero. El coeficiente de determinación ($r^2= 0.4974$) indicó que el modelo explica aproximadamente el 49.7% de la variabilidad observada en la longitud del disco de las hembras.

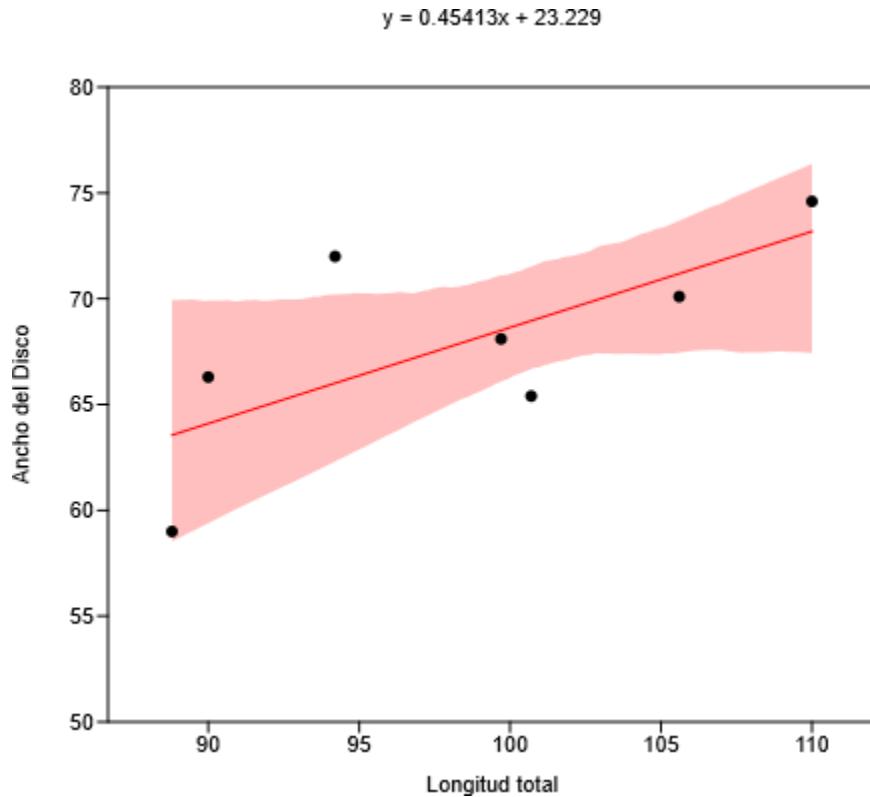


Figura 16. Relación entre la longitud total (cm) y el ancho de disco (cm) en hembras.

$$a: 0.45413 (0.1708, 0.9723)$$

$$b: 23.229 (-28.81, 53.16)$$

$$r^2: 0.4986$$

La evaluación de la relación entre la longitud total (LT) y el ancho del disco (AD) en hembras, evidenció una asociación positiva, lo que indica que a medida que aumenta la longitud total, también lo hace el ancho del disco (Figura 16). La ecuación de regresión lineal obtenida fue: $y= 0.45413x + 23.229$, donde ($a= 0.45413$; IC95%: 0.1708 - 0.9723), resultó estadísticamente significativa ($p < 0.05$), sugiriendo un incremento consistente del ancho del disco en función del aumento de la longitud total. El intercepto ($b= 23.229$; IC95%: -28.81 - 53.16), representa el valor estimado del ancho del disco cuando la longitud total es igual a cero, aunque este valor no fue estadísticamente significativo. El coeficiente de determinación ($r^2= 0.4986$) indicó que el modelo explica aproximadamente el 49.9% de la variación en el ancho del disco de las hembras, pueda explicarse por la longitud total.

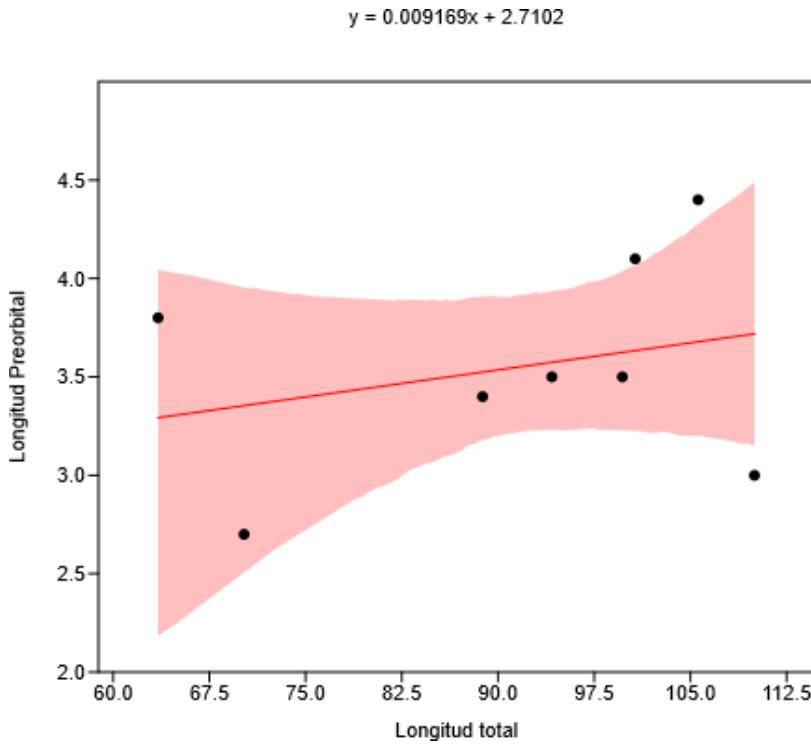


Figura 17. Relación entre la longitud total (cm) y la longitud preorbital (cm) en hembras.

$$a: 0.009169 (-0.03077, 0.03506)$$

$$b: 2.7102 (0.429, 6.348)$$

$$r^2: 0.07642$$

Se identificó una débil asociación positiva entre la longitud total (LT) y la longitud preorbital (LP) en hembras, lo que implica que el aumento en la longitud total podría estar ligeramente relacionado con un incremento en la longitud preorbital, aunque esta relación no se considera significante ni consistente (Figura 17). La ecuación del modelo obtenido fue: $y= 0.009169x + 2.7102$, donde la pendiente ($a= 0.009169$; IC95%: -0.03077 - 0.03506) no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$), lo que indica que no se encontró evidencia suficiente para afirmar que el aumento en la longitud total tenga un efecto real sobre la longitud preorbital. El intercepto ($b= 2.7102$; IC95%: 0.429 - 6.348), representa el valor estimado de la longitud preorbital cuando la longitud total es cero, y en este caso si fue estadísticamente significante. El coeficiente de determinación ($r^2= 0.07642$) indica que el modelo explica únicamente el 7.6% de la variabilidad observada en la longitud preorbital de las hembras.

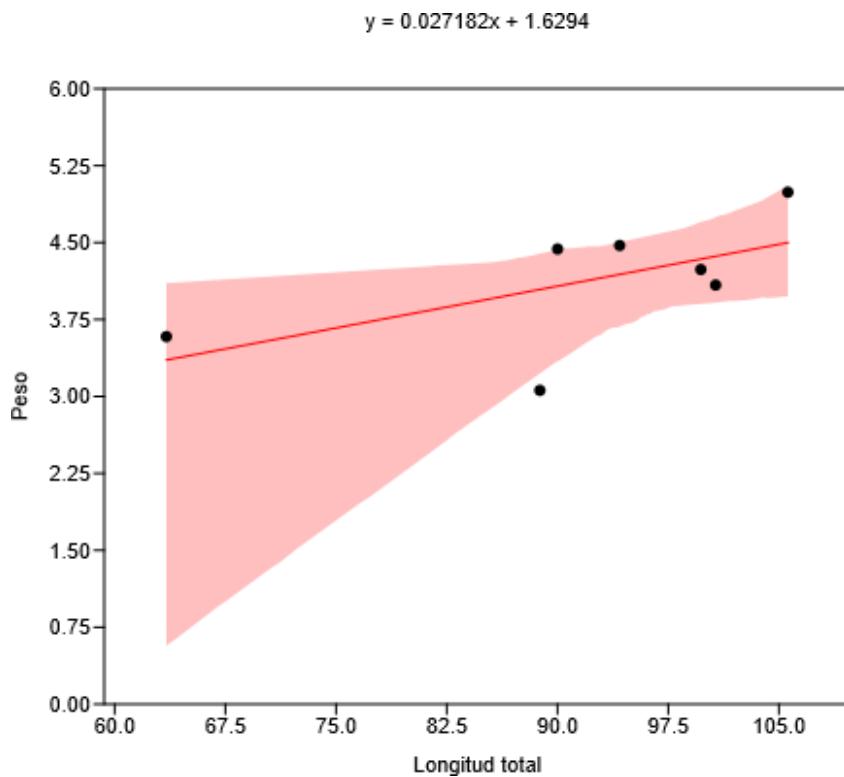


Figura 18. Relación entre la longitud total (cm) y el peso (kg) en hembras.

a: 0.027182 (-0.05125, 0.05001)

b: 1.6294 (-0.402, 9.338)

r^2 : 0.03527

En las hembras, se observó una relación muy leve entre la longitud total (LT) y el peso (P), lo que sugiere que, a medida que aumenta la longitud total de los organismos, el peso también tiende a incrementarse ligeramente, aunque esta relación no es sólida ni estadísticamente concluyente (Figura 18). La ecuación de regresión lineal obtenida fue: $y=0.027182x+1.6294$, donde la pendiente ($a=0.027182$; IC95%: -0.05125 - 0.05001) no fue significativa ($p > 0.05$), indicando que el aumento en la longitud total no tiene un efecto claro sobre el peso. El intercepto ($b= 1.6294$; IC95%: -0.402 - 9.338) tampoco mostró significancia estadística. Por su parte, el coeficiente de determinación ($r^2= 0.03527$) indicó que el modelo explica apenas un 3.5% de la variabilidad observada en el peso de las hembras.

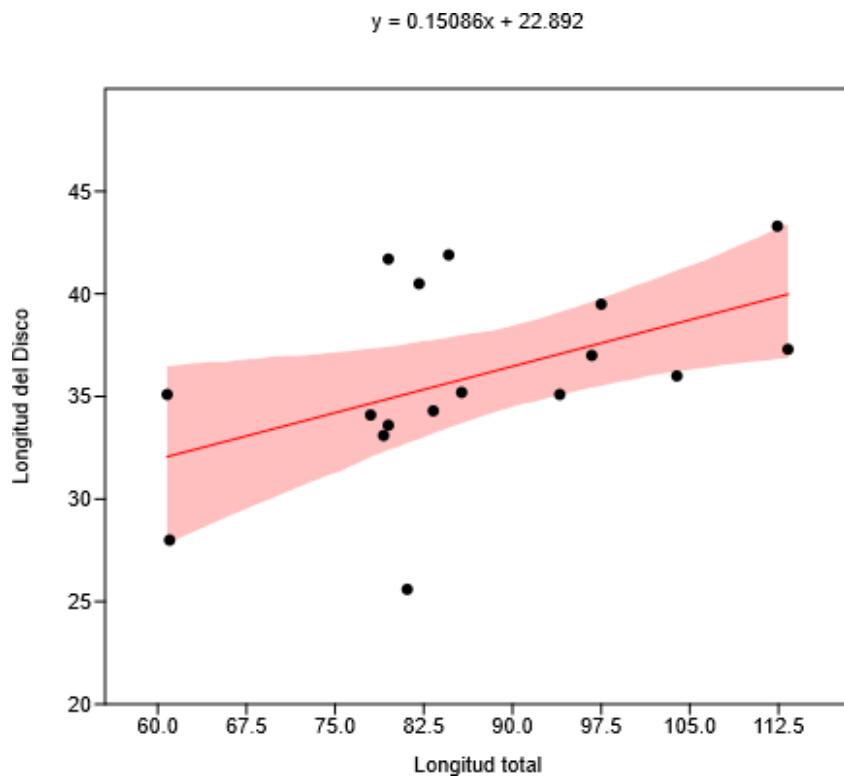


Figura 19. Relación entre la longitud total (cm) y la longitud del disco (cm) en machos.

a: 0.15086 (0.0238, 0.272)

b: 22.892 (11.57, 34.79)

r^2 : 0.2317

La relación entre la longitud total (LT) y la longitud del disco (LD) en machos presentó una correlación positiva moderada, reflejando una tendencia al incremento de la longitud del disco conforme se incrementa la longitud total (Figura 19). La ecuación de regresión lineal obtenida fue: $y = 0.15086x + 22.892$, donde la pendiente ($a = 0.15086$; IC95%: 0.0238 - 0.272) fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$), lo que indica una relación confiable entre ambas variables. Por su parte, el intercepto ($b = 22.892$; IC95%: 11.57 - 34.79) también resultó significativo, representando el valor estimado de la longitud del disco cuando la longitud total es cero. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.2317$) reveló que el modelo explica aproximadamente el 23.17% de la variabilidad observada en la longitud del disco de los machos.

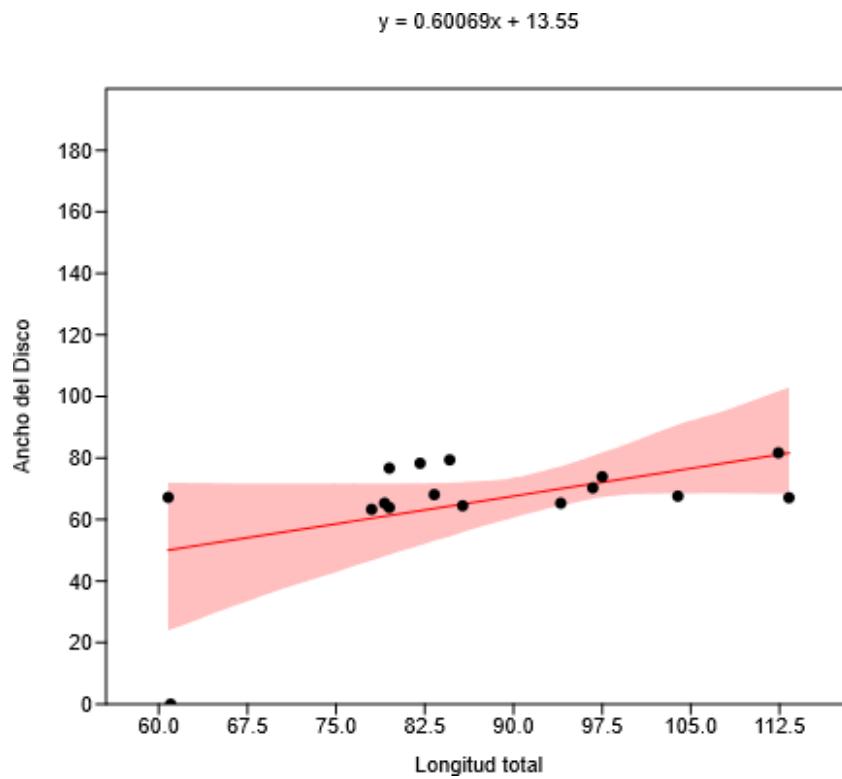


Figura 20. Relación entre la longitud total (cm) y el ancho del disco (cm) en machos.

$$a: 0.60069 (-0.2279, 1.247)$$

$$b: 13.55 (-46.97, 88.21)$$

$$r^2: 0.2479$$

En los machos, se identificó una conexión moderadamente positiva entre la longitud total (LT) y el ancho de disco (AD), lo cual indica que, en general, a medida que los organismos presentan mayor longitud total, también tienden a mostrar un incremento en el ancho del disco (Figura 20). La ecuación de regresión lineal fue: $y= 0.60069x + 13.55$, donde la pendiente ($a= 0.60069$; IC95%: -0.2278 - 1.247) no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$), lo que indica que no se puede afirmar con confianza que el aumento de la longitud total esté relacionado con un incremento real en el ancho del disco. El intercepto ($b= 13.55$; IC95%: -46.87 - 88.21) tampoco resultó significativo. El coeficiente de determinación ($r^2= 0.2479$) sugiere que el modelo explica aproximadamente el 24.79% de la variación observada en el ancho del disco.

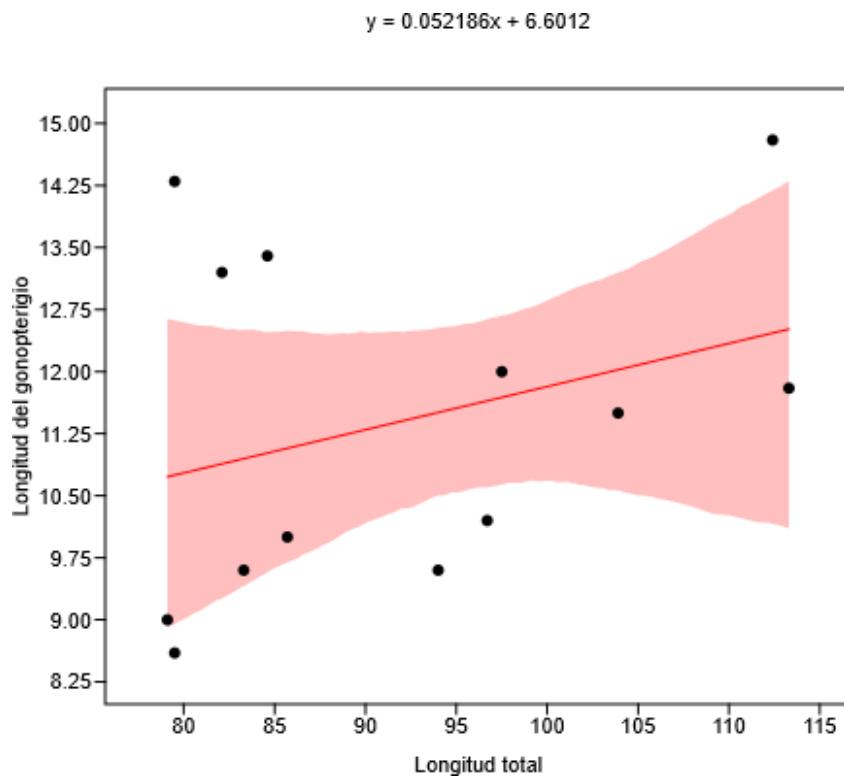


Figura 21. Relación longitud total (cm) y longitud del gonopterigio (cm) en machos.

$$a: 0.052186 (-0.03297, 0.1624)$$

$$b: 6.6012 (-3.816, 14.76)$$

$$r^2: 0.09642$$

El análisis de la relación entre la longitud total (LT) y la longitud del gonopterigio (LG) mostró una tendencia positiva débil, lo que sugiere que, si bien existe una ligera inclinación a que la longitud del gonopterigio aumente conforme se incrementa la longitud total, esta relación no es estadísticamente sólida (Figura 21). La ecuación de la regresión lineal fue: $y=0.052186x + 6.6012$, donde la pendiente ($a= 0.052186$; IC95%: $-0.03297 - 0.1624$) no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$). El intercepto ($b= 6.6012$; IC95%: $-3.816 - 14.76$) tampoco presentó significancia estadística. Por otro lado, el coeficiente de determinación ($r^2= 0.09642$) indicó que apenas el 9.6% de la variabilidad en la longitud del gonopterigio.

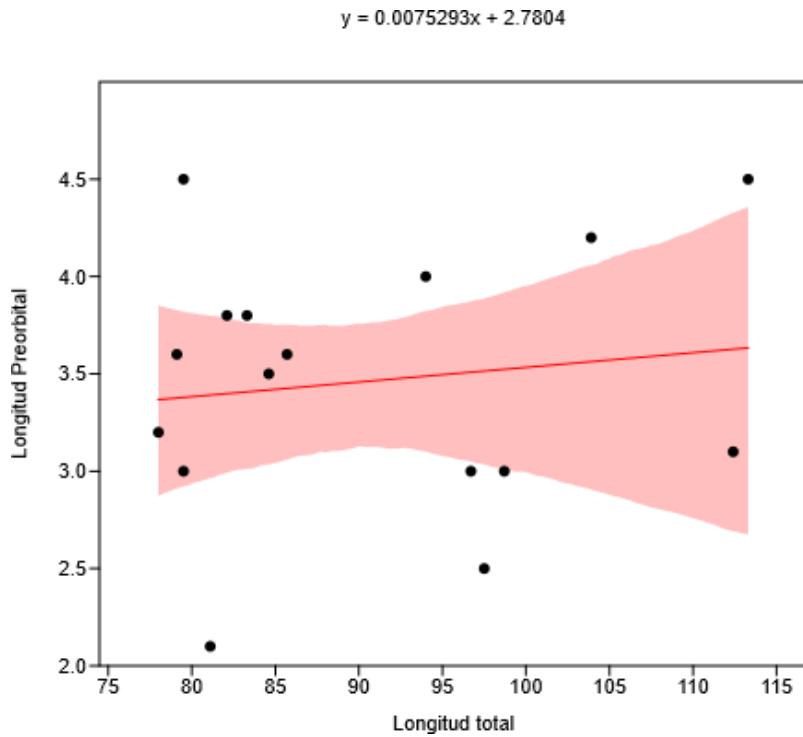


Figura 22. Relación longitud total (cm) y longitud preorbital (cm) en machos

a: 0.0075293 (-0.02036, 0.04366)

b: 2.7804 (-0.4054, 5.361)

r^2 : 0.01766

Se observó una relación positiva baja entre la longitud total (LT) y la longitud preorbital (LP) en machos, lo que sugiere una ligera tendencia al incremento de la longitud preorbital conforme aumenta la longitud total; sin embargo, esta relación no fue estadísticamente significativa (Figura 22). La ecuación obtenida $y=0.0075293x + 2.7804$, donde la pendiente (a: 0.0075293; IC95%:-0.02036, 0.04366) no presento significancia estadística ($p>0.05$), indicando que el aumento en la longitud total no necesariamente implica un incremento claro en la longitud preorbital. De igual manera, el intercepto (b=2.7804; IC95%: -0.4054, 5.361) no resulto significativo. El coeficiente de determinación (r^2 : 0.01766) mostro que el modelo explica solo el 17.6% de la variación observada en la longitud preorbital de los machos.

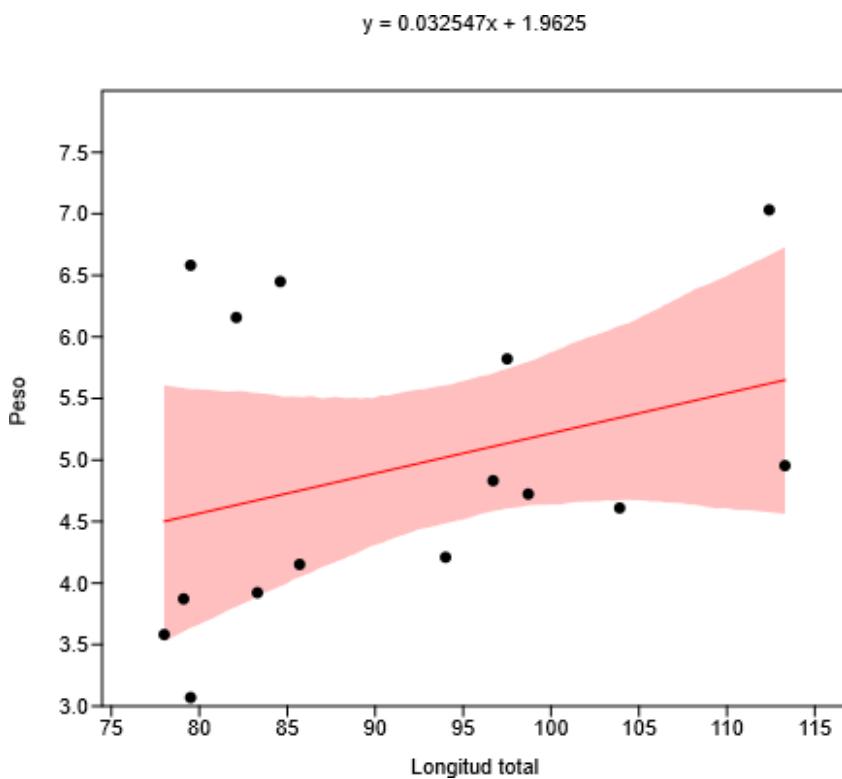


Figura 23. Relación entre longitud total (cm) y peso (kg) en machos.

$$a: 0.032547 (-0.01671, 0.0906)$$

$$b: 1.9625 (-3.487, 6.676)$$

$$r^2: 0.106$$

Se identificó una relación positivamente leve entre la longitud total (LT) y el peso (P) en machos, indicando una posible tendencia al incremento del peso con el aumento de la longitud total; sin embargo, esta asociación no resultó ser estadísticamente significante (Figura 22). La ecuación $y = 0.032547x + 1.9625$, donde la pendiente ($a = 0.032547$; IC95%: $0.01671 - 0.0906$) no presentó significancia estadística ($p > 0.05$), lo que sugiere que el incremento en la longitud total no necesariamente se asocia con un aumento claro en el peso. El intercepto ($b = 1.9625$; IC95%: $-3.487 - 6.676$) tampoco fue significativo. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.106$) indicó que el modelo explica aproximadamente el 10.6% de la variación observada en el peso de los machos.

VII. DISCUSIÓN

En éste estudio se analizaron las relaciones morfométricas y la relación longitud-peso de la raya tecolote (*Rhinoptera steindachneri*) en el sistema estuarino lagunar Mar Muerto, Tonalá, Chiapas. Los resultados mostraron que, en términos generales, las asociaciones entre la longitud total y otras medidas corporales presentaron coeficientes de determinación bajos, lo que evidencia que la longitud total no constituye un predictor sólido del peso ni de la mayoría de las variables morfométricas. Este hallazgo contrasta con la hipótesis inicial de un crecimiento alométrico positivo y con lo documentado en otras especies de batoideos (Ehemann *et al.*, 2017; De la Cruz-Agüero *et al.*, 2017), donde se han reportado relaciones más consistentes.

En cuanto a la proporción de sexo, los resultados evidenciaron una mayor abundancia de machos respecto a las hembras, lo que sugiere una posible segregación sexual en la zona. Este patrón ha sido documentado en batoideos, donde las diferencias en el uso de hábitats pueden estar relacionadas con estrategias reproductivas o con requerimientos fisiológico específicos (Lara- Mendoza y Márquez-Farías, 2014; Ehemann *et al.*, 2017). Las hembras presentaron un rango de tallas más amplios, aunque en menor número, lo que podría estar asociado al desplazamiento hacia otras áreas con mejores condiciones para la maduración gonadal y el desarrollo embrionario, como ha sido reportado para esta y otras especies del género *Rhinoptera* (Burgos-Vázquez *et al.*, 2018).

El predominio de machos en tallas intermedias puede reflejar que el sistema lagunar constituye en área de refugio o alimentación más utilizada por este sexo, mientras que las hembras, al tener mayores demandas energéticas durante la reproducción, tienden a distribuirse en hábitats con mayor disponibilidad de recursos tróficos (Raykov y Yankova, 2013). Asimismo, es importante señalar que el tamaño reducido de la muestra limita la extrapolación de estos resultados a nivel poblacional, por lo que futuros estudios con un mayor número de organismos y con enfoque reproductivo, podrían confirmar si la diferencia observada corresponde a un patrón

estable o es producto de la variabilidad temporal y espacial de la captura (Carrillo-Colín, 2019).

El análisis de la estructura de tallas, reveló que los machos se agruparon principalmente en intervalos intermedios de longitud total, destacando el rango principal en intervalos intermedios de la longitud total, destacando el rango de 78 a 83 cm. como el más frecuente, mientras que las hembras mostraron una distribución más amplia, aunque con menor número de organismos. Esta diferencia sugiere que existen variaciones en las estrategias de crecimiento entre sexo, donde las hembras alcanzan tallas mayores como una ventaja reproductiva, lo cual coincide con lo descrito por Burgos-Vázquez *et al.* (2018) en el Golfo de California. De igual manera, Carrillo-Colín (2019) indica que en *R. steindachneri* las hembras presentan un patrón de crecimiento más estable que los machos, quienes tienden a concentrarse en tallas reducidas. Los resultados de este estudio respaldan la existencia de dimorfismo sexual en la población del Mar Muerto, aspecto relevante para comprender la dinámica poblacional de la especie.

Al evaluar la relación entre longitud total y longitud del disco, se observó que el ajuste fue débil en el análisis general, aunque al separar por sexo las hembras mostraron una relación moderada y significativa. Esto sugiere que, en este grupo la longitud del disco guarda una mayor proporción con la longitud corporal, lo que coincide con lo descrito por Burgos-Vázquez *et al.* (2018) en poblaciones del Golfo de California, donde las hembras alcanzan mayores tamaños y presentan un crecimiento corporal más estables, posiblemente debido a factores ambientales como la temperatura y la disponibilidad de alimento en esa región, que favorecen un desarrollo más sostenido. En contraste, en machos la relación fue menos explicativa, lo que indica que otros factores biológicos, como el estado reproductivo, la edad o la estrategia energética durante la madurez, pueden incidir en la variabilidad de esta medida.

En el caso de la relación longitud total y ancho del disco, se encontró un patrón similar: mientras que en la muestra general la relación fue débil, en hembras se registró una asociación moderada, lo que resalta la importancia del dimorfismo sexual en esta especie. Estas diferencias también han sido documentadas en otras rayas como *Hypanus dipterurus* y *Pseudobatos glaucopterus* (López-López, 2018), donde las hembras tienden a desarrollar discos más amplios como una estrategia adaptativa para la reproducción.

La relación entre longitud total y longitud preorbital, resultó muy débil y no significativa en todos los casos, lo que indica que la longitud del rostro no guarda proporción directa con el tamaño corporal en la población analizada. Este patrón coincide con lo reportado por Raje (2000) en batoideos de la India y Lteif *et al.* (2016) en el Mediterráneo, quienes encontraron que las proporciones cefálicas no siempre reflejan un crecimiento corporal proporcional, si no que dependen más variaciones individuales y del desarrollo ontogénico.

En lo que respecta a la relación longitud total y peso, el ajuste fue particularmente bajo, con valor de r^2 menores a 0.11 tanto en la muestra general como al separar por sexos. Esto contrasta con lo esperado en la hipótesis de un crecimiento alométrico positivo ($b>3$) y con lo descrito por otros estudios en batoideos del Pacífico mexicano (Bizarro *et al.*, 2007; Carrillo-Colín, 2019), donde se han reportado asociaciones más sólidas entre estas variables. Por lo tanto, los resultados no permiten aceptar la hipótesis de un crecimiento alométrico positivo para la especie. Una posible explicación a este hallazgo radica en el reducido número de organismos analizados, lo que limita la capacidad estadística del modelo, así como en la influencia de factores fisiológicos, como el estado reproductivo, y ambientales propios del sistema estuarino, donde las fluctuaciones de salinidad y temperatura influyen en la disponibilidad de alimento y en la condición corporal de los individuos, generando variaciones en el peso que no guardan una relación directa con la longitud total.

Finalmente, la relación entre longitud total y longitud del gonopterigio en machos, no fue significativa y presentó un coeficiente de determinación bajo ($r^2=0.096$). Esto indica que el desarrollo de los gonopterigios no se relaciona directamente con la longitud corporal, sino que depende principalmente de la madurez sexual de los individuos. Pratt y Otake (1990) señalan que estas estructuras se desarrollan de manera diferencial según el estado reproductivo, lo que explica la alta variabilidad registrada en este estudio. Burgos-Vázquez *et al.* (2018) también reportan que en *R. steindachneri*, el crecimiento de los gonopterigios está más asociado a la capacidad reproductiva que a la talla general del organismo, lo que coincide con los resultados obtenidos en el Mar Muerto.

En conjunto, los hallazgos de este estudio evidencian que las relaciones morfométricas y de longitud-peso de *R. steindachneri* en el Mar Muerto son débiles en comparación con lo descrito en otras zonas del Pacífico mexicano. Esto puede atribuirse tanto al reducido número de organismos recolectados como la influencia de condiciones ambientales altamente variables propias del estuario. No obstante, los resultados aportan información novedosa para una región poco estudiada y establecen una base inicial para futuras investigaciones que incluyan un mayor número de muestra y análisis reproductivos y ecológicos que permitan comprender de manera más integral la dinámica poblacional de esta especie.

VIII. CONCLUSIONES

- ❖ Se examinaron 27 ejemplares de *Rhinoptera steindachneri* capturados en el sistema lagunar estuarino Mar Muerto, Tonalá, Chiapas, observándose una mayor proporción de machos en comparación con las hembras.
- ❖ Las asociaciones entre distintas variables morfométricas mostraron una baja correlación, lo que indica que el incremento en tamaño no se refleja de manera proporcional en las demás medidas corporales.
- ❖ Los valores del coeficiente de crecimiento (b) no resultaron significativos, lo cual sugiere que la especie no presenta un patrón de crecimiento alométrico positivo en la zona de estudio.
- ❖ Las hembras registraron longitudes y pesos más elevados que los machos, reflejando la presencia de dimorfismo sexual, característico de especies con diferencias en estrategias reproductivas.
- ❖ El sistema lagunar Mar Muerto parece funcionar como un área utilizada principalmente por machos, posiblemente por su papel como zona de refugio y alimentación, mientras que las hembras podrían desplazarse a otros ambientes durante los períodos de madurez o reproducción.
- ❖ En las hembras, la relación entre la longitud total y las medidas del disco, mostró una mayor coherencia que en los machos, lo que sugiere que su crecimiento corporal mantiene una proporción más uniforme, posiblemente asociada con la necesidad de espacio interno para el desarrollo embrionario.
- ❖ En el caso de los machos, la longitud del gonopterigio no mostró relación directa con el tamaño corporal, lo que indica que su desarrollo depende más del estado de madurez sexual que del crecimiento general.
- ❖ El número limitado de muestras analizadas restringe el alcance estadístico de los resultados, por lo que se sugiere aumentar el tamaño de muestra en investigaciones futuras para obtener estimaciones más robustas.

IX. RECOMENDACIONES

- ❖ Ampliar el número de ejemplares recolectados y realizar muestreos en diferentes estaciones del año, con el fin de identificar variaciones temporales en la estructura poblacional y proporción de sexo de *Rhinoptera steindachneri*.
- ❖ Extender el área de estudio dentro del sistema lagunar Mar Muerto para obtener una representación más completa de la distribución espacial de la especie y su relación con las características ambientales del hábitat.
- ❖ Registrar parámetros fisicoquímicos como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y turbidez, con el propósito de analizar su efecto en el crecimiento y condición corporal de la especie.
- ❖ Monitorear la captura incidental de la especie en pesquerías artesanales, con el fin de evaluar su impacto sobre la estructura poblacional local.
- ❖ Fomentar estrategias de conservación y educación ambiental, dirigidas a las comunidades pesqueras para fomentar el aprovechamiento sostenible de las rayas en la región.
- ❖ Desarrollar estudios enfocados en la biología reproductiva de *Rhinoptera steindachneri*, incluyendo el análisis de bandas de crecimiento, madurez gonadal y estado de gravidez, con el propósito de determinar posibles zonas de crianza dentro del sistema lagunar.

X. REFERENCIAS

- Agboola, J.I. y Anetekhai, M.A. 2008. Length-weight relationships of some fresh and brackish water fishes in Badagry Creek, Nigeria. *Journal Of Application Ichthyology*, 24:623-625.
- Alvarez del Villar, J y Díaz Pardo, E. 1973. *Estudio bioecológico del Mar Muerto, Oaxaca*. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México. pp. 85.
- Arismendi, I., Penaluna, B. y Soto, D. 2011. Body condition indices as a rapid assessment of the abundance of introduced salmonids in oligotrophic lakes of southern Chile. *Lake and Reservoir Management* 27:61-69.
- Bizzarro, J.J., Smith, W.D., Márquez-Farías, J.F. y Hueter R.E. 2007a. Artisanal fisheries and reproductive biology of the golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Evermann and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. *Fisheries Research* 84: 137-146.
- Bizzarro, J.J., Smith, W.D., Hueter, R.E., Tyminski, J., Márquez-Farías, J.F., Castillo-Géniz, J.L., Cailliet, G.M. y Villavicencio-Garayzar, C.J. 2007b. *The status of shark and ray fishery resources in the Gulf of California: Applied research to improve management and conservation*. Moss Landing, CA: Moss Landing Marine Laboratories, Technical Publication. 2009-01, 242 pp.
- Bleckmann, H. y Hofmann, M.H. 1999. Special senses. En: Hamlett, W.C. (Ed). *Shark, skates and rays: the biology of elasmobranch fishes*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, pp. 300-328.
- Burgos-Vázquez, M.I., Chávez-García, V.E., Cruz-Escalona, V.H., Navia, A.F. y Mejía-Falla, P.A. 2018. Reproductive strategy of the Pacific cownose ray *Rhinoptera steindachneri* in the southern Gulf of California. *Marine and Freshwater Research*. 70(1): 93-106.
- Carrier, J.C., Musick, J.A. y Heithaus, M.R. 2004. *Biology of sharks and their relatives*., Washington D.C. CRC Press. pp. 596.
- Carrillo- Colín, L.D., Márquez-Farías, J.F., Lara-Mendoza, R.E. y Zamora- García O.G. 2021. Bayesiana ge and growth estimation of the Golden cownose ray,

- Rhinoptera steindachneri*, in the southern Gulf of California in Mexico. *Fishery Bulletin*. 119: 10-20.
- Carrillo-Colín, L.D. 2016. *Edad y crecimiento de la raya tecolote Rhinoptera steindachneri* (Elasmobranchii: Rhinopteridae) del sureste del Golfo de California. Datos no publicados.
- Carrillo-Colín, L.D., 2019. *Demografía y vulnerabilidad de la raya tecolote Rhinoptera steindachneri en el Golfo de California*. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de México. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología.
- Castillo, S., Ulloa, R. y Alvarado, D. 2009. *Regionalización en base a indicadores ambientales en cuatro áreas marinas de México*. Informe Final de la Red Iberoamericana de Ecosistemas. Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, México. pp. 85.
- Cervantes-Castro, D. 1969. Estabilidad del acceso a la Laguna del Mar Muerto, Chiapas, México, En: Ayala-Castañares, A. y Phleger, F.B. (eds.). *Lagunas Costeras un Simposio. Memorias del Simposio Internacional Lagunas Costeras*. UNAM - UNESCO, México. pp. 367-376.
- Cervantes-Hernández, P., Gómez-Ponce, M. A., Puentes-Salazar, A., Castrejón-Rodríguez, U., y Gallardo-Berumen, M. I. 2016. Variabilidad espacial de la captura ribereña de camarón en el Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Hidrobiológica*, 26(1), pp. 23-34.
- Compagno, L.J.V., 1990. Alternate life history styles of cartilaginous fishes in time and space. En: Bruton, M. y Balon, E. (eds). *Alternative life history styles of fishes (Proceeding of the Zoological Society of South Africa symposium held in Grahamstown, 1987)*. *Environmental Biology of Fishes*. 28 (1-4): 33-75.
- CONAPESCA-INP, 2004. *Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. pp. 80.

- Correia, E., Granadeiro, J.P., Regalla, A. y Catry, P. 2018. Relación longitud-peso de especies de peces del archipiélago de Bijagós, Guinea-Bisáu. *Revista de Ictiología Aplicada*. 34(1): 177-179.
- De las Cruz-Agüero, J., García-Rodríguez, F.J. y Cota-Gómez, V.M. 2017. Length-Weight Relationships of Five Elasmobranch Species from the Pacific Coast of Mexico. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18: 1005-1007.
- Di Bitetti, M. S. 2008. Depredadores tope y cascadas tróficas en ambientes terrestres. *Ciencia Hoy*. 18: 32–41.
- Díaz-Carballido, P.L. 2011. Hábitos alimenticios de juveniles de la raya tecolote *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1892) en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Oaxaca.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006. Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. México: Secretaría de Gobernación (SEGOB) y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México: Secretaría de Gobernación (SEGOB). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Downton Hoffmann, C.A., 1996. *Estrategia reproductiva de la guitarra Rhinobatos productus (AYRES 1856) en la costa Occidental de Baja California sur, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México.
- Ehemann, N.R., Pérez-Palafox, X.A., Mora-Zamacona, P., Burgos-Vázquez, M.I., Navia, A.F., Mejía-Falla, P.A., Cruz-Escalona, V.H., 2017, Size-weight relationships of batoids captured by artisanal fishery in the southern Gulf of California, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*. 33(5): 1051-1054.

Fields, R.D. 1982. *Electroreception in the ratfish (Subclass Holocephali): Anatomical, behavioral and physiological studies*. Tesis de Maestría. San José. San José State University.

FishBase. 2025. *Rhinoptera steindachneri* (Eagle ray).
<https://www.fishbase.se/Summary/speciesSummary.php?id=13271&lang=spanish>. Consultado el 29 de agosto de 2025.

Flores-Pineda, P.A. 2008. *Biología reproductiva y evaluación del riesgo ecológico del gavilán dorado *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1981) en Bahía Almejas, Bajas California Sur, México*. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Froese R. 2006. Ley del cubo, factor de condición y relaciones peso-longitud: historia, metaanálisis y recomendaciones. *Journal of Applied Ichthyology*. 22(4): 241-253.

Gámez-Moedano, L., Anislado-Tolentino, V. y Corro-Espinosa, D. 2006. Estudio preliminar de la historia de vida del Gavilán negro, *Rhinoptera steindachneri* (Everman y Jenkins, 1982) en el estado de Sinaloa, México. En: *Memorias del III Foro Científico de Pesca Ribereña*, Puerto Vallarta, Jalisco. México. pp. 23-24.

García-Moreno, A., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J.I., Almodóvar, A., Alonso, J.A., Benito, J., Arillo, A., Berzosa, J., Buencuerpo, V., Cabrero-Sañudo, F.J., De Juana, E., Díaz-Cosín, D.J., Díaz, J.A., Elvira, B., Leborans-Fernández, G., García-Más, I., Gómez, J.F., González-Mora, M.D., Gutiérrez-López, M., Jesús, J.B., Martínez-Ibáñez, M.D., Mínguez, M.E., Monserrat, V., Muñoz-Araújo, B., Ornosa, C., Parejo Piñón, C., Pardos, F., Pérez-Tris, J., Pérez-Zaballos, J., Pulido-Delgado, F., Alvaro-Ramírez, Refoyo-Román, P., Roldán, C., Santos, T., Subías, L.S., Tellería, J.L., Trigo, D., Ángeles-Vázquez, M., Martín, C.A., Arriero, E., Cano, J., 2012. Practica de zoología. Estudio y diversidad de Tunicados, Cefalocordados y vertebrados de peces. Diseción de la trucha. *Reduca (Biología)*, Serie Zoología, 5(3): 71 – 80.

- González, J. 2006. *Taxonomía, morfología, anatomía y muestreo biológico de Elasmobranquios*. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. pp. 4-22.
- Granado-Lorencio, C. 1997. *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Grove, J.S. y Lavenberg, R.L. 1997. *The Fishes of the Galapagos Islands*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Hamlett, W. C., Wourms, J. P. y Smith, J. W. 1985. Stingray placental analogues: structure of trophonemata in *Rhinoptera bonasus*. *Journal of Submicroscopic Cytology*. 17 (4): 541– 550.
- Ibáñez, C., 1993. *Dinàmica hidrològica i funcionalment ecològic del tram estuarí del riu Ebre*. Tesis Doctoral. Barcelona. Universitat de Barcelona, Barcelona.
- iNaturalist MX. (s.f.). Rhinoptera steindachneri. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/56769-Rhinoptera-steindachneri>. Consulta: 27 de agosto de 2024.
- IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2014. *Red List of Threatened Species*. <http://www.iucnredlist.org/details/60130/0>. Consultado el 31 de agosto del 2024.
- Kobelkowsky, A., 2010. Anatomía comparada del sistema digestivo de las rayas *Urotrygon chilensis* y *Dasyatis sabina* (Myliobatiformes). *Revista Chilena de Historia Natural*. 83: 387-394.
- Kobelkowsky, A., 2012. Anatomía del corazón y las arterias branquiales aferentes de la raya (Chondrichthyes: Batoidea). *Hidrobiológica*. 22 (1): 35-41.
- Kobelkowsky, A., 2017. Anatomía Comparada del Neurocráneo y el Encéfalo de la Raya Mariposa *Gymnura micrura* (Batoidea: Gymnuridae). *International Journal of Morphology*. 35(2): 644-650.
- Koushlesh, S.K., Sinha, A., Kumari, K., Borah, S., Chanu, T.N., Baitha, R., Das, S.K., Gogoi, P., Sharma, S.K., Ramteke, M.H. y Das, B.K. 2017. Relación longitud-peso y factor de condición relativa de cinco especies de peces autóctonos del río Torsa, Bengala Occidental, India. *Journal of Applied Ichthyology*. 34(1): 169-171.

- Lara-Mendoza, R.E. y Márquez-Farías, J.F., 2014. Estructura de tallas y relación peso-longitud del pez guitarra pinta, *Rhinobatos glaucopterus* (Rajiformes: Rhinobatidae) en la plataforma continental de Sinaloa, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85 (2): 503-510.
- Liem, K.F., Bemis, W.E., Walker, W.F., Grande, L. 2001. *Fuctional Anatomy of Vertebrates: an evolutionary perspective*. 3rd ed. Fort Wortht: Harcourt Collage Publisher, pp. 51-62.
- Liu C, Wang, Y., Ren, Q., Li, W., Jiang, Z., y Xian, W. 2018. Relaciones longitud-peso de tres especies de peces de agua dulce de los ríos Songhua y Nen, China. *Journal of Applied Ichthyology*. 34(3): 737-738.
- López-López, L.E. 2018. *Estructura de talla y edades de tres especies de rayas (Hypanus dipterurus, Pseudobatos glaucopterus y RhinopPterea steindachneri) capturadas incidentalmente en arrastres de camarón en la entrada del Golfo de California (2011-2016)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara.
- Love, M.S, Mecklenburg, C.W., Mecklenburg, T.A., y Thorsteinson, L.K. 2005. *Resource inventory of marine and estuarine fishes of the west coast and Alaska*. Seattle, WA: United States Geological Survey, Biological Resources Division, pp. 276.
- Lteif, M., Mouawad, R., Jemaa, S., Khalaf, G., Lenfant, P. y Verdoit-Jarraya, M. 2016. The lenght-weight relationship of three shark and five batoids in the Lebanese marine water, eastern Mediterranean, *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 42: 475-477.
- Márquez-Farías, J.F. y Blanco-Parra, M.P. 2006. Rayas. En: Cuellar P.J. y Cadena C.O. (eds) *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo*. México: Instituto Nacional de la Pesca, México, pp. 303–319.
- McEachran, J.D. y Notarbartolo di Sciara, G. 1995. Peces batoideos. En: Fischer, W., Krupp, F., Schneider, F., Sommer, C., Carpenter, K.E. y Niem, V.H., (eds). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol.2. Vertebrados. Parte 1*. Roma: FAO, pp. 745–792.

- Neer, J. y Thompson, B. 2005. Life history of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*, in the northern Gulf of Mexico, with comments on geographic variability in life history traits. *Environmental Biology of Fishes*. 73: 321–331.
- Orozco Gutiérrez, M. (2004). *La Pesca en Chiapas*. Tonalá, Chiapas, México. Información no Publicada. 72 pp.
- Pincay –Espinoza, J., Rey-Diz, F., Vélez-Tacuri, J., 2022. Length-weight relationship of four batoid species from the Pacific coast of Ecuador. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 57(1): 57-60.
- Pratt Jr., H.L. y Otake, T. (1990). Recomendation for work need to increase our knowledge of reproduction relative to fishery management. En: Pratt Jr., H. LL., Gruber, S H. y Taniuchi, T. (eds) *Elasmobranch as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of fisheries*. NOAA Thecnical Report NMFS 90, pp. 509-510.
- Pritchard, D.W., 1967. Whats is An Estuary: Physical Viewpoint. En: Lauff, G.H. (eds). *Estuaries*. Washington, D.C. American Association for the Advancement of Sciencie (AAAS), 83:3-5.
- Raje, S.G. (2000). Leght-weight relationship of five species of rays from Mumbai, Mharashtra, *India Journal of Fisheries*, 47 (2): 159 – 161.
- Raykov, V.St. y Yankova, M.H. 2013. Length-weight relationship of thornback ray (*Raja clavata* linnaeus, 1758) from bulgarian black sea coast, *Proceedings of the VIII International Coference on Fisheries and Ecological Issues of the Azov-Black sea Region*, pp. 215-220.
- Robertson, D. R. y Allen, G. R. 2008. *Peces costeros del Pacífico Oriental Tropical: un sistema de información en línea*. Versión 1.0. Balboa, Panamá. Smithsonian Tropical Research Institute. www.stri.org/sfstep. Consulta 27 de agosto de 2024.
- Rocha-Gonzales, F.I. 2016. *Evaluación de riesgo ecológico de diez especies de batoideos capturadas en la pesca artesanal del golfo de California*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 79 pp.

- Romero, M.A.S. y Castro-Aguirre., J.L., 1983. Aspectos de la biología de la lisa (*Mugil cephalus Linnaeus*) en el Mar Muerto, Chiapas, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. 23: 95-112.
- Santana Morales, O., Castillo Géniz, J.L., Sosa Nishizaki. O. y Rodríguez Medrano, C. 2004. *Catálogo de tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes) que habitan en las aguas del norte del Golfo de California*. Ensenada: CICESE. pp. 119.
- Shark-Reference. 2025. *Rhinoptera steindachneri*. Database of modern shark, rays and chimaeras. <https://shark-references.com/species/view/Rhinoptera-steindachneri>. Consultado el 29 de agosto de 2025.
- Shiffman, D.S. 2022. The discovery of the shark's electric sense, *American Scientist*. <https://www.americanscientist.org/article/the-discovery-of-the-sharks-electric-sense#:~:text=Volume%20110%2C%20Number%203>. Consultado el 29 de agosto de 2025.
- Simental-Anguiano, M.D.R., Torres-Rojas, Y.E., Galván-Magaña, F. y Tripp-Quezada, A. 2022. Importancia de los mariscos en la dieta de dos especies de rayas (*Rhinoptera steindachneri* y *Hypanus dipterurus*) en el Alto Golfo de California. *Journal of Shellfish Research*, 41(2), 291-299.
- Smith, J.W y Merriner, J.V. 1987. Age and Growth, Movements and Distribution of the Cownose Ray, *Rhinoptera bonasus*, in Chesapeake Bay. *Estuaries*. 10: 153-164.
- Tapia García, M. y Gracia Gutiérrez, A. 1997. Composición, distribución, abundancia y asociaciones de especies de la comunidad de peces de la laguna del Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas. *Resumen del V Congreso Nacional de Ictiología*, México. pp. 47.
- Tapia García, M. y Ramírez Gutiérrez, J.M. 2011. Subsistema hidrológico de la laguna Mar Muerto Oaxaca – Chiapas, México. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/1855>. Consultado el 23 de octubre de 2024.
- Tapia-García, M. 1998. *El Golfo de Tehuantepec. El Ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México.

- Tapia-García, M., García- Abad M.C., Penagos-García, F.E., Moreno Ruíz, J.L., Juárez-Hernández, L.G., Ramírez Gutiérrez, J. M., Herrera-Olayo, D., 2011. Subsistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Lacandonia*. 5 (1): 98.
- Treer, T., Sprem, N., Torcu-Koc, H., Sun, Y. y Piria, M. 2008. Length-weight relationships of freshwater fishes of Croatia. *Journal of Application Ichthyology* 24:626-628.
- Villavicencio-Garayzar, C.J., Downton Hoffman, C. y Mariano- 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.
- Wang, P.G., Booker, D.J., Crow, S.K. y Jellyman. D.J. 2013. ¿Existe una solución universal? Una evaluación de la relación longitud-peso en las especies de peces de agua dulce de Nueva Zelanda. *Revista Neozelandesa de Investigación Marina y de Agua Dulce* 47(4): 450-468.
- Wei, N., Zhang, Y., Wu, F., Shen, Z., Ru, H., Liu, L. y Ni, Z. 2019. Length-weight relationship for 15 fish species from the Three Gorges Reservoir. *Journal of Applied Ichthyology*. 35(3): 789-792.Yığın, C.C., y Ismen, A. 2008. Length-weight relationships for seven rays from Saros Bay (North Aegean Sean). *Journal of Applied Ichthyology*. 25 (1):106 -108.