

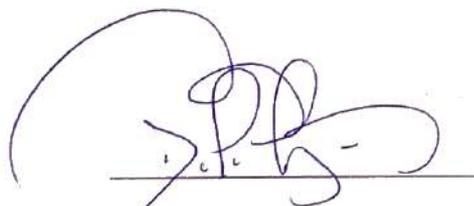


**Tema de titulación – Modalidad de Artículo Académico**

**Desarrollo embrionario en *Urotrygon chilensis* en las costas de Ecuador.**

**Autora:**

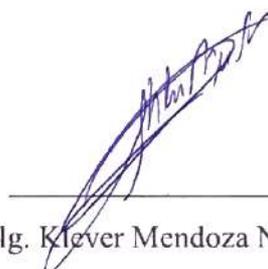
Mero Cheme Gabriela Jackeline



Dra. Dolores Muñoz Verduga, Ph.D.  
Presidenta del Tribunal de Titulación



Blg. Javier Quijije López, Mg.  
Miembro Tribunal de Titulación



Blg. Klover Mendoza Nieto, Ph.D.  
Miembro Tribunal de Titulación

Manta, Manabí, Ecuador

Martes, 11 de febrero del 2025

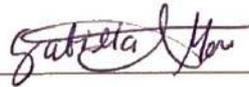
**Declaración de Autoría**

Yo, **Mero Cheme Gabriela Jackeline** declaro que he contribuido a la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de Artículo Académico previo a la obtención del título de Bióloga, con tema: **Desarrollo embrionario en *Urotrygon chilensis* en las costas de Ecuador.**

He revisado la versión final del manuscrito y apruebo su presentación para su publicación. También garantizo que este trabajo es original, no ha sido publicado previamente y no está bajo consideración para su publicación en otro lugar.

Además, declaro que no tengo conflictos de interés en relación con este trabajo.

Firma:



Mero Cheme Gabriela Jackeline

C.I.: 0504057373

Manta, Manabí, Ecuador  
Martes, 11 de febrero del 2025

 <b>Uleam</b> UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> CERTIFICADO DE TUTOR(A)	<b>CÓDIGO:</b> PAT-04-F-004
	<b>PROCEDIMIENTO:</b> TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	<b>REVISIÓN:</b> 1 Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría de la estudiante **MERO CHEME GABRIELA** legalmente matriculada en la carrera de Biología, período académico 2024-2025, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de artículo académico cuyo tema del proyecto es “**Desarrollo embrionario de *Urotrygon chilensis* en las costas de Ecuador**”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 03 de enero del 2025

Lo certifico,



Dra Maribel Carrera Fernández  
**Docente Tutor(a)**  
**Área: Biología**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Modalidad Artículo Académico**

**Tema**

**Desarrollo embrionario de *Urotrygon chilensis* en las costas de Ecuador**

**Autor**

Mero Cheme Gabriela Jackeline

**Tutor:**

Blga. Maribel Carrera Fernandez, PhD

Periodo 2024 - 2

# Desarrollo embrionario de *Urotrygon chilensis* en las costas de Ecuador

Mero Cheme Gabriela<sup>1</sup> Carrera Fernandez Maribel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de investigación de tiburones y rayas del pacífico Ecuatoriano-ShaREP, Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Correo institucional: [e1350787642@live.uleam.edu.ec](mailto:e1350787642@live.uleam.edu.ec)

## RESUMEN

*Urotrygon chilensis* una raya perteneciente a la familia Urotrygonidae que se distribuye desde el golfo de México hasta las costas del Valparaíso en Chile, es una especie vivípara aplacentada, considerada casi amenazada por la UICN. En este estudio se realizó la descripción y el análisis morfológico y morfométrico mediante las fases de crecimiento de los embriones de *U. chilensis* de los cuales se obtuvieron un total de 485 muestras en los años 2013-2018 y 2024 mediante la pesca incidental en las costas de Ecuador. Se describieron 6 estadios hasta la reducción total del vitelo, los resultados muestran que la relación LT-PT (Longitud total/Peso total) es isométrica lo cual indica que ambas variables tienen un crecimiento proporcional, los análisis entre machos y hembras muestran que no existen diferencias significativas entre las medidas dadas y en los años muestreados no existe un ciclo de embriones en crecimiento anual, ya que se mostró que en los diferentes meses no existió una sincronía con el crecimiento de los embriones.

**Palabras clave:** Estadio, Embriones, Vitelo, Morfología, Morfometría.

# **Embryonic development of *Urotrygon chilensis* on the coasts of Ecuador**

**Mero Cheme Gabriela<sup>1</sup> Carrera Fernandez Maribel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Shark of Rays of Equatorial Pacific-ShaREP research group, Biology Department, Faculty of Life Sciences and Technologies, Eloy Alfaro Lay University of Manabí.

Institutional email: [e1350787642@live.uleam.edu.ec](mailto:e1350787642@live.uleam.edu.ec)

## **ABSTRACT**

*Urotrygon chilensis*, a ray belonging to the Urotrygonidae family that is distributed from the Gulf of Mexico to the coasts of Valparaíso in Chile, is a viviparous aplacental species, considered near threatened by the IUCN. In this study, the description and morphological and morphometric analysis were carried out through the growth phases of the embryos of *U. chilensis*, of which a total of 485 samples were obtained in the years 2013-2018 and 2024 through incidental fishing off the coast of Ecuador. 6 stages were described until the total reduction of the yolk, the results show that the LT-PT relationship is isometric which indicates that both variables have a proportional growth, the analysis between males and females show that there are no significant differences between the measurements given and in the years sampled there is no cycle of embryos in annual growth, since it was shown that in the different months there was no synchrony with the growth of the embryos.

**Keywords:** Stage, Embryos, Yolk, Morphology, Morphometry.

## 1. Introducción

La embriología en condriactios es un área de estudio en el mundo que tiene más allá de 500 años (Kunz et al., 2009). Sin embargo, a lo largo de la costa ecuatoriana se ha documentado una notable diversidad de elasmobranquios (aguas continentales e insulares), de las cuales 112 especies en total han sido registradas, siendo el 57% representado por tiburones (64 individuos) y 43% para rayas (48 especímenes), entre estas últimas, se han clasificado 61 géneros, 36 familias y 11 órdenes (Calle-Morán & Béarez, 2020).

Nelson (2006) reporta 4 órdenes en el cual la especie *Urotrygon chilensis* perteneciente a la familia Urotrygonidae se encuentra clasificada en el orden de los Myliobatiformes. *U. chilensis* habita en organismos bentónicos en aguas poco profundas en áreas de lecho blando, se distribuye desde lo largo del Golfo de California hasta las costas de Chile en Valparaíso (McEachran & Miyake, 1988; Nelson, 1994).

La talla máxima registrada es de 43 cm de longitud total, presenta ojos grandes, una piel lisa parcialmente, espinas puntiagudas en la parte media del disco y su cola, su disco tiene forma ovalada, cola delgada moderadamente larga, aleta caudal en la parte del lóbulo superior bajo y largo, la superficie dorsal de su cuerpo es de color marrón oscuro con manchas irregulares negras (Last et al., 2016).

En la pesca comercial, los elasmobranquios se ven afectados por la abundante captura incidental, y al no ser el objetivo principal de la faena son atrapados en la mayoría de los artes de pesca (Dulvy et al., 2014; Consales & Marsili, 2021; Alvarez-Fuentes et al., 2023). Lo antes descrito, clasifica a *U. chilensis* como “NT” Near Threatened (casi amenazada) según el criterio A2d en la Lista Roja de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (UICN) (Kyne et al., 2020).

Los tiburones, rayas y quimeras exhiben una diversidad de características en su ciclo de vida, aunque en términos generales, se destacan por su lento crecimiento, en donde alcanzan la madurez en etapas avanzadas y experimentan largos períodos de gestación caracterizados por una baja tasa de reproducción, lo que los ubica dentro de la estrategia reproductiva K (Cortés, 2000; Stevens et al., 2000; Carrier et al., 2004; Kunz et al., 2009).

El método de reproducción de *U. chilensis* es vivípara aplacentaria (McEachran & Notarbartolo di Sciara, 1995), los embriones permanecen en el útero materno durante todo su desarrollo, aunque no se establece una conexión placentaria entre la madre y sus crías a lo largo del proceso (Carrier et al., 2004), en lugar de una conexión placentaria, los embriones reciben nutrientes a

través de zonas especializadas del epitelio uterino, formadas por vellosidades alargadas llamadas “trofonematas”. Estas estructuras secretan una sustancia nutritiva conocida como "leche uterina" o histotrofo, que es absorbida o ingerida por los embriones mediante los filamentos de sus branquias externas. Este proceso da lugar a camadas pequeñas, pero con crías de gran tamaño (Hamlett and Koob, 1999; Rubio Lozano, 2009).

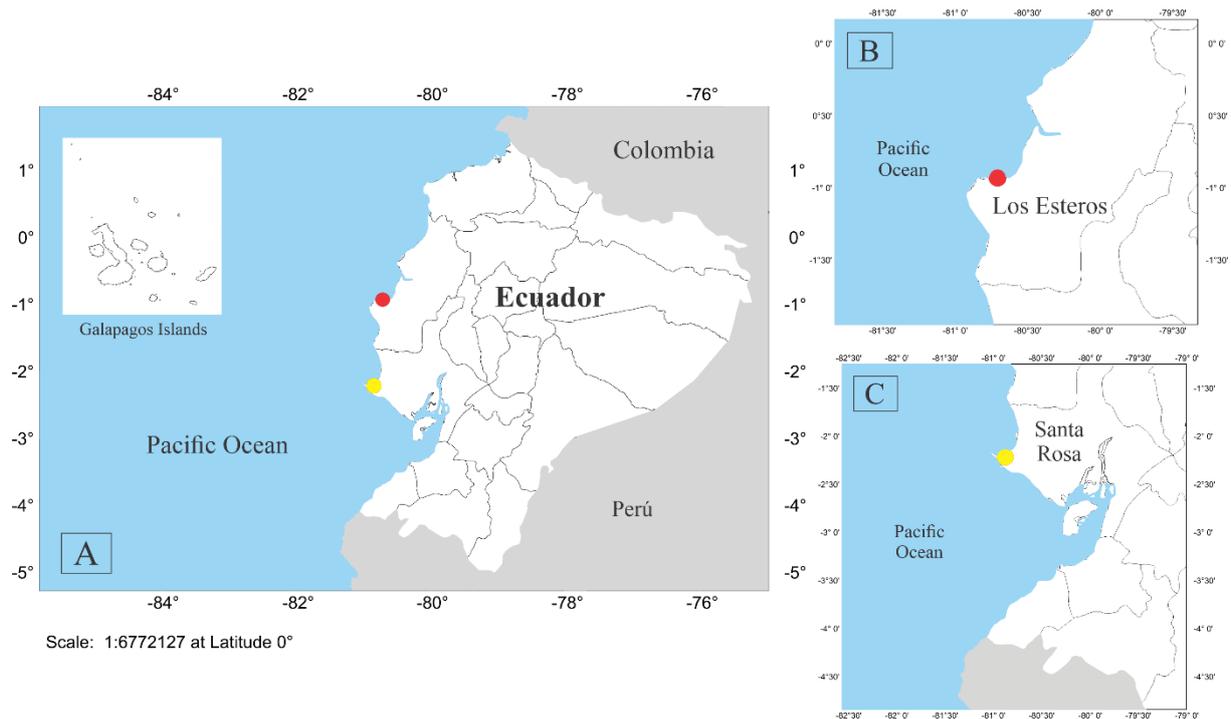
En los diferentes estudios acerca del desarrollo embrionario en condrictios, la mayoría se generalizan en la biología reproductiva haciendo énfasis en el desarrollo embrionario descritos por Kunz et al, (2009). Devadoss, (1998) observa el desarrollo en batoideos como rayas guitarra y rayas eléctricas dando un claro énfasis en la reproducción de estos individuos, también en ese mismo año Larraguibel-Vallarino, (1998) describió el desarrollo embrionario de la raya guitarra *Rhinobatos productus*, en donde se hizo hincapié en a las medidas morfométricas para evidenciar el crecimiento.

En Ecuador las investigaciones de desarrollo embrionario en batoideos son limitadas, por lo que el presente trabajo planteó evaluar las etapas del desarrollo embrionario de *Urotrygon chilensis*, desde el criterio morfológico y morfométrico, con el fin de incrementar la información científica de la especie en la biología reproductiva.

## **2. Metodología**

### **2.1. Fase de campo**

Los embriones de *Urotrygon chilensis* fueron colectado de hembras grávidas capturadas a partir de pesca incidental por el método de arte de pesca artesanal con chinchorro, las capturas fueron en las localidades de Santa rosa, Los esteros, Machalilla y Canoa (siendo Santa rosa y Los esteros las más representativas) (Figura 1) en los periodos de 2013-2018 y 2024, en las cuales se obtuvieron 485 muestras. Las muestras fueron colocadas en una hielera hasta ser trasladadas al laboratorio de ecología de peces ShaREP, para ser congeladas hasta su posterior análisis.



**Figura 1.** A) Ecuador, B) Los esteros ubicados en el cantón Manta de la provincia de Manabí ( $0^{\circ}56'54.02''S$ ;  $80^{\circ}41'53.14''O$ ), C) Puerto pesquero de Santa rosa del cantón Salinas de la provincia de Santa Elena ( $2^{\circ}12'28.18''S$ ;  $80^{\circ}56'56.79''O$ ).

Las muestras se encuentran preservadas en el laboratorio de ecología de Peces- ShaREP de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Los embriones se preservaron en Formol al 4% durante 15 días para luego colocarle etanol al 70% para el posterior manejo de las muestras, los ejemplares adultos se incorporaron al laboratorio para nuevos estudios e investigaciones.

## 2.2.Fase de laboratorio

Los embriones fueron clasificados de acuerdo con su talla y características morfológicas considerando el desarrollo de la cabeza, aletas, filamentos branquiales externos, fusión de las aletas pectorales con la cabeza, desarrollo de la cola etc. Posteriormente los embriones se pesaron en una balanza electrónica en gramos Ohaus modelo spx622, las mediciones de longitud total (LT), ancho del disco (AD) y longitud de disco (LD) se realizaron con un calibrador Vernier al ml más cercano o en casos de individuos de menor tamaño se utilizó una regla milimetrada para mediciones del diámetro del vitelo, que se obtuvieron en milímetros las cuales se transformaron a centímetros, además se consideraron otros datos como la presencia de saco vitelino en algunos embriones y largo del cordón umbilical, luego los datos fueron tabulados.

Las muestras fueron etiquetadas por localidad, número de muestra, sexo y fecha de recolección de las diferentes localidades, las cuales fueron conservadas en bolsas plásticas individuales con etanol al 70% por embrión o en cuyo caso se encontraban más de dos embriones en el útero (ya sea útero izquierdo o derecho) se los ubicaba en una misma bolsa plástica con la referencia de “D” que significaba útero derecho o “I” útero izquierdo.

Los estadios se caracterizaron por las observaciones morfológicas del individuo completamente a partir de la LT, el AD, y la LD, la longitud de la espina caudal, el desarrollo de la aleta caudal, formación de ojo, formación de espiráculo, la ausencia o presencia de filamentos branquiales, la pigmentación, y el saco vitelino (Lizcano & Ramirez Pinilla, 2022), todo esto a partir de la clasificación modificada del estudio de Vázquez Robles, (2015).

Se realizaron fotografías con la ayuda de un microscopio digital modelo 3580 para obtener acercamientos de las diferentes partes morfológicas de los individuos como la mancha caudal o en caso de individuos de mayor tamaño de la espina caudal. Las fotografías macro se realizaron con una cámara de un celular en su mayor capacidad para obtener la resolución adecuada.

### 2.3. Análisis de datos

La proporción de sexos se determinó el conteo el total de embriones de cada sexo y se dividió el número de hembras entre el número de machos. Con la información de peso y tallas para cada embrión, se evaluó la relación peso-longitud con la siguiente fórmula:

$$PT = a * LT^b$$

Donde: PT = Peso total (g) LT = Longitud total (cm) a = Ordenada al origen o factor de condición b = Pendiente o parámetro de alometría

Se realizó una tabla con los principales datos morfométricos para ver sus cambios entre estadios, todas las medidas morfométricas tomadas, se graficaron con relación a la LT (variable independiente), realizando una regresión lineal. Se determinó la ecuación de la recta que mejor ajusta los datos presentados, trabajando con un nivel de confianza de  $\alpha = 0.05$ .

Se aplicó un chi cuadrado para sexo con la fórmula:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$\chi^2$  = representa chi cuadrado,  $O_i$  = valor observado (valor real) y  $E_i$  = valor esperado.

Se tomo en cuenta gráficos de histograma con su respectiva densidad para saber si los datos tuvieron normalidad, se procedió a realizar una prueba de Kolmogórov-Smirnov para tomar en cuenta si los datos tenían normalidad (Zar, 1996), una vez realizado el análisis, se realizaron las pruebas no paramétricas, ya que los valores no tenían normalidad. Se realizó un análisis de varios factores por Anova en donde se aplicaron pruebas Post Hoc de Dunnett para comparar varios grupos contra un grupo de referencia específico, Kruskal-Wallis en donde se busca identificar qué grupos muestran diferencias significativas entre sí y Dunn para saber si hay valores significativos de las medias entre los meses muestreados, utilizando un nivel de confianza de  $\alpha = 0.05$  (Hilton & Armstrong, 2006; McHugh, 2011).

Posteriormente se efectuó la estadística descriptiva de todos los datos de sexo, luego se realizó un Anova bajo las pruebas de Brown-Forsythe, variaciones de supuestos de igualdad de varianzas, pruebas Post-hoc utilizando Games-Howell, test de Tukey, Kruskal-Wallis y los contrastes de Dunn, utilizando un nivel de confianza de  $\alpha = 0.05$ . Las pruebas de U de Mann-Whitney entre sexo, para saber si hubo diferencias significativas, pruebas de Levene para determinar si las varianzas de dos o más grupos son iguales (Hilton & Armstrong, 2006; McHugh, 2011).

Para conocer el tipo de crecimiento que presentan los embriones se comparará el valor del coeficiente (b) ó parámetro de alometría la cual se puede observar mediante las gráficas de correlación entre las medidas morfométricas la cual resalta una ecuación con el valor de coeficiente. Cuando el coeficiente tiene un valor de 3, estamos ante un crecimiento isométrico, lo que significa que el organismo crece de manera proporcional en todas sus partes. Si el valor es distinto de 3, hablamos de crecimiento alométrico, que puede ser positivo o negativo. La alometría positiva ocurre cuando una parte del organismo crece más rápido que el resto ( $b > 3$ ), mientras que, en la alometría negativa, ese crecimiento es más lento en comparación con el desarrollo general ( $b < 3$ ). (Granado-Lorencio, 2002; Vázquez Robles, 2015).

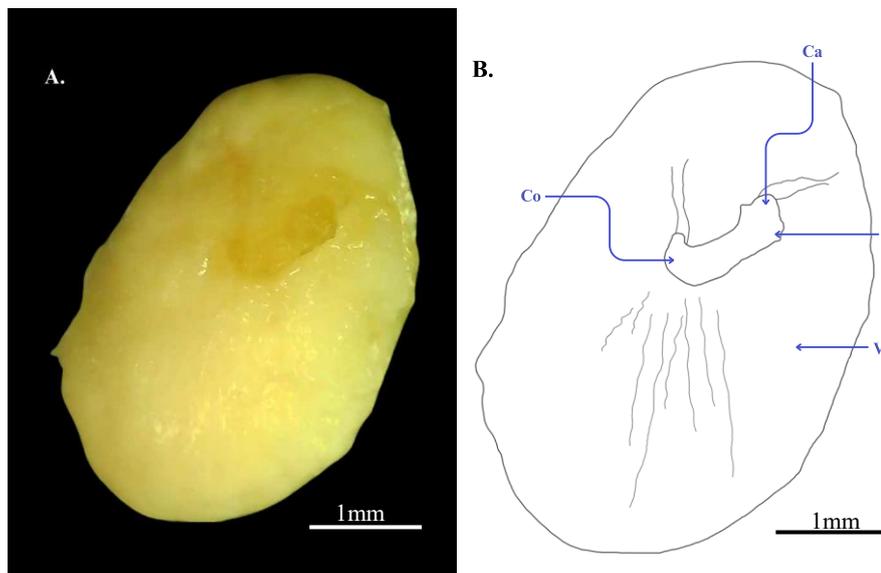
Los datos se tabularon en una base en el programa Excel, los diferentes análisis como, pruebas de normalidad, histogramas, pruebas paramétricas o no paramétricas, gráficas de correlación entre las diferentes variables se obtuvieron con el programa Statgraphics, SPSS IBM, Jasp. La edición de fotos se realizó con el programa Canva, Adobe ilustrador y los mapas se realizaron con el programa PanMap.

### 3. Resultados

#### 3.1. Descripción de Estadios

##### Estadio 1

Se registro un embrión en estadio 1 de LT 0.96 mm, el largo del vitelo o huevo 4 mm, de ancho 2 mm y su peso total fue de 0.0003 gr. En esta fase se observó el embrión en una posición alargada con forma elipsoide totalmente conectado con la yema o vitelo en donde se podía diferenciar la parte de la cabeza y la parte final del embrión la cual es la cola por lo que indica que se encuentra en la etapa de faríngrula. Cabe mencionar que se logró diferenciar el vitelo del embrión por la diferencia de color y textura, ya que el embrión tiene un color más opaco y una textura viscosa, por otra parte, el vitelo presentaba un color más fuerte y su textura se notaba más densa (**Figura 2**). La extracción de esta fase de desarrollo se llevó a cabo mediante el procesamiento de una hembra en estadio 4, el útero izquierdo se notaba lleno de líquido vitelino, por ende, se lo coloco en un recipiente pequeño con formol al 4% para la conservación de la muestra, al cabo de una semana se realizó la disección, en donde se encontró esta fase de crecimiento.

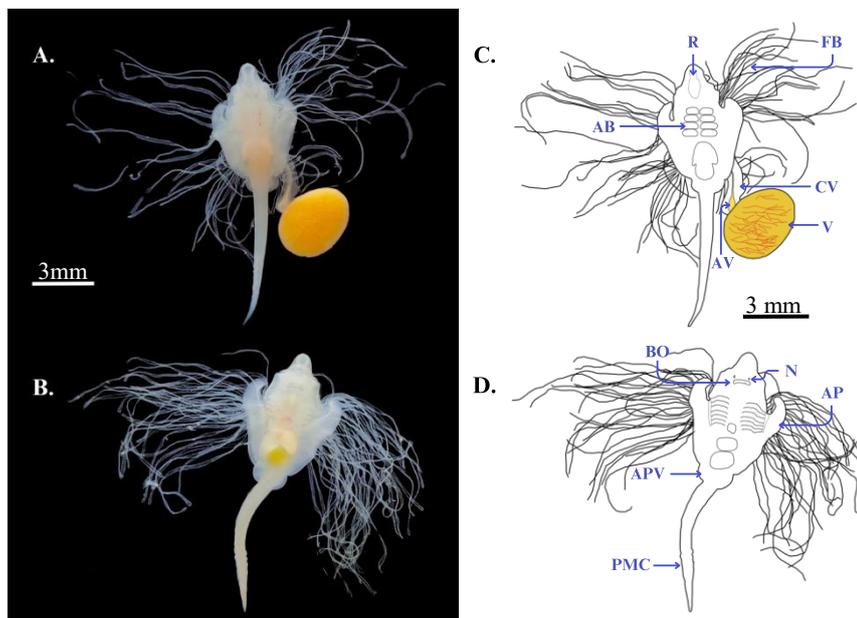


**Figura 2.** Fotografía de *Urotrygon chilensis* en Estadio 1 (faríngrula), (A) vista dorsal del embrión. Esquema de embrión de *Urotrygon chilensis* en Estadio 1, (B) vista dorsal del embrión. E: embrión de *U. chilensis*; V: vitelo.

##### Estadio 2

Se obtuvo un registro de embriones de 23 individuos con tallas LT menores a 6 cm  $< 5.9 \pm 3.3$  cm (SD $\pm 0.70$ ), AD  $3.9 \pm 1.4$  cm (SD $\pm 0.60$ ), LD  $3.80 \pm 1.10$  cm (SD $\pm 0.59$ ) y finalmente el peso

de los embriones  $2.88 \pm 0.17$  gr ( $SD \pm 0.60$ ). El rostrum mostraba una definición en donde se formaría la placa óptica, en la parte ventral se observa las narinas y la apertura de la boca. En este estadio existe la presencia de filamentos branquiales totalmente extendidos, con sus 5 arcos branquiales definidos en la parte media de su dorso. Las aletas pectorales no se encuentran pegadas con la cabeza para hacer un solo disco, pero se puede observar la formación lateralmente a lo largo de su dorso, las aletas pélvicas se encuentran pegadas a las aletas pectorales en su totalidad, también está la presencia de los pliegues membranosos en la cola ubicada en la parte inferior del embrión. El vitelo tiene un diámetro de 0.35 cm, se puede visualizar la conexión del vitelo con el embrión mediante el cordón vitelino, también se observa la presencia de la arteria vitelina. En esta fase no se observa pigmentación en el embrión y existe la presencia de órganos por lo que se define como la etapa de la organogénesis (**Figura 3**).

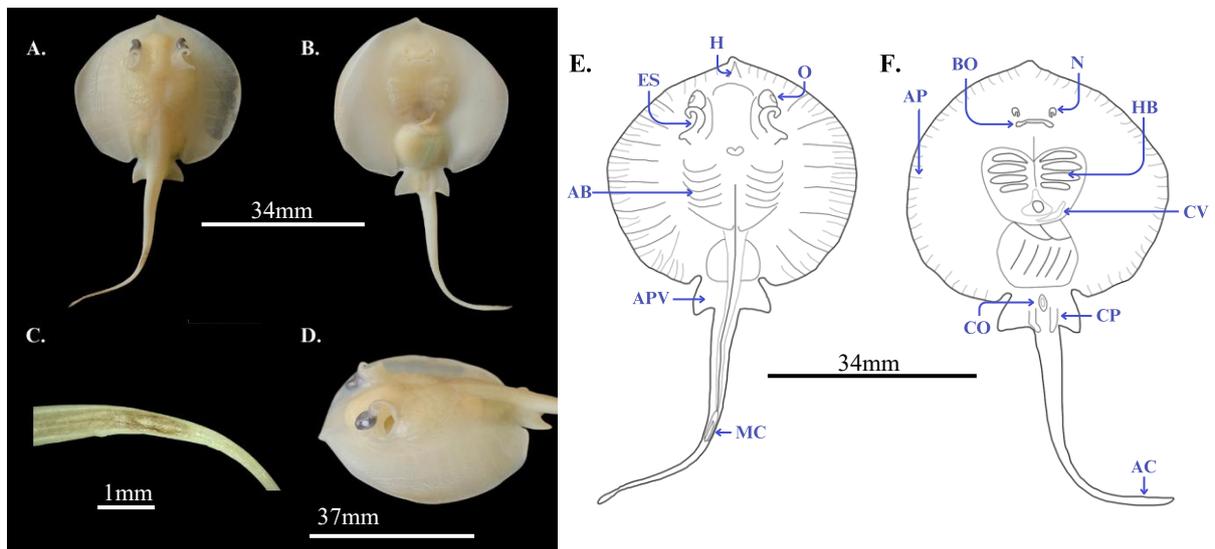


**Figura 3.** Fotografía de *Urotrygon chilensis* en Estadio 2 (organogénesis), (A) vista dorsal del embrión; (B) vista ventral del embrión. Esquema de embrión de *Urotrygon chilensis* en Estadio 2, (C) vista dorsal y (D) vista ventral. R: rostrum; FB: filamentos branquiales; AB: arcos branquiales; CV: cordón vitelino; AV: arteria vitelina; V: vitelo; BO: boca; N: narinas; AP: aleta pectoral; APV: aleta pélvica; PMC: pliegues membranosos caudales.

### Estadio 3

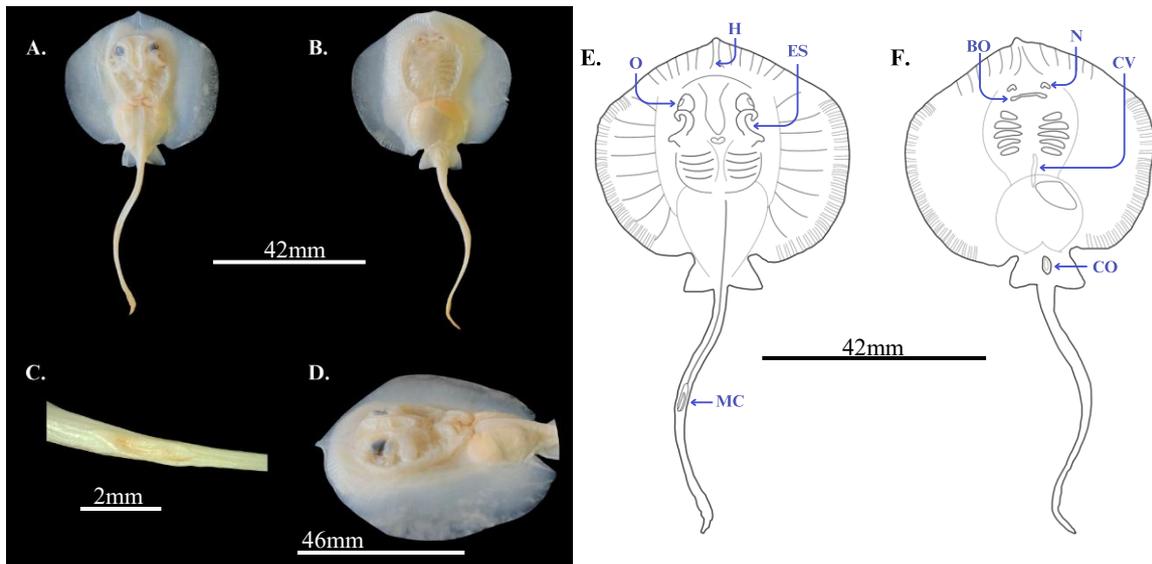
En esta fase hubo un registro 117 individuos con un rango de LT 6-8 cm  $7.90 \pm 6.10$  cm ( $SD \pm 0.47$ ), AD  $4.50 \pm 2.10$  cm ( $SD \pm 0.39$ ), LD  $3.10 \pm 2.00$  cm ( $SD \pm 0.42$ ) y por último el peso de los embriones  $4.20 \pm 0.20$  gr ( $SD \pm 0.70$ ). En la parte de la cabeza se observa el hocico bien definido, vemos la formación del ojo que se encuentra con pigmentación y el espiráculo está

definido, también se observa los radios en la parte de la cabeza en la vista dorsal y en la parte ventral se encuentran las narinas un poco más estrechas entre sí y por último en esta parte observamos la abertura de la boca. En esta fase ya no se encuentran filamentos branquiales. Los arcos branquiales se encuentran completamente abiertos, en la zona media hasta la parte media de la cola se observa la línea lateral sin definida. Se visualiza lateralmente en la parte media del embrión las aletas pectorales que se encuentran pegadas a la cabeza completamente formando un solo disco en donde podemos ver radios a lo largo del disco, las aletas pélvicas se observan bien estructuradas y separadas de las aletas pectorales. Se registra la presencia de clasper y de la cloaca en la parte media baja del individuo. En la parte media baja de la cola se observa la mancha caudal con un poco de pigmentación, además la aleta caudal se encuentra en formación. Ventralmente en la parte media del embrión observamos las hendiduras branquiales ligeramente abiertas y un poco más abajo se observa parte del cordón umbilical (**Figura 4**).



**Figura 4.** Fotografía de *Urotrygon chilensis* en Estadio 3, (A) vista dorsal del embrión; (B) vista ventral del embrión; (C) acercamiento de la mancha caudal; (D) acercamiento de glóbulo ocular. Esquema de embrión de *Urotrygon chilensis* en Estadio 3, (E) vista dorsal y (F) vista ventral. H: hocico; O: ojo; ES: espiráculo; AB: arcos branquiales; APV: aleta pélvica; MC: mancha caudal; BO: boca; N: narinas; AP: aleta pélvica; HB: hendiduras branquiales; CV: cordón vitelino; CO: cloaca; CP: claspers; AC: aleta caudal.

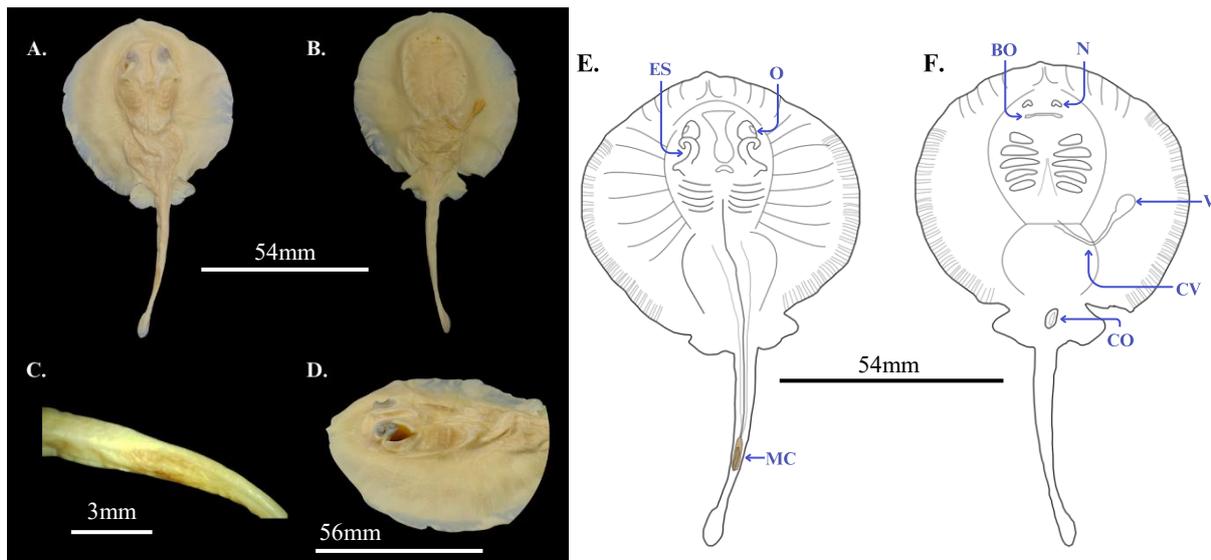
poco más. La zona de la cola en la parte media vemos la mancha caudal más grande y con profundidad (**Figura 5**).



**Figura 5.** Fotografía de *Urotrygon chilensis* en Estadio 4, **(A)** vista dorsal del embrión; **(B)** vista ventral del embrión; **(C)** acercamiento de la mancha caudal; **(D)** acercamiento de glóbulo ocular. Esquema de embrión de *Urotrygon chilensis* en Estadio 4, **(E)** vista dorsal y **(F)** vista ventral. H: hocico; ES: espiráculo; O: ojo; MC: mancha caudal; BO: boca; N: narinas; CV: cordón vitelino; CO: cloaca.

### Estadio 5

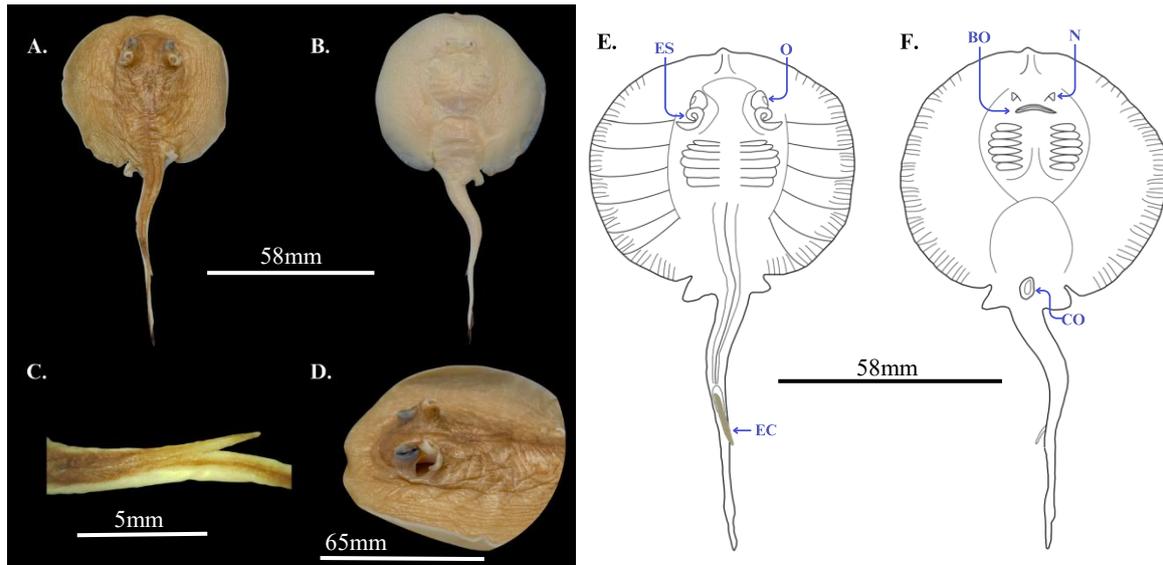
En este estadio se registraron un total de 92 individuos con un rango de LT 10-12 cm  $11.94 \pm 10.00$  cm ( $SD \pm 0.54$ ), AD  $6.60 \pm 4.30$  cm ( $SD \pm 0.52$ ), LD  $6.60 \pm 3.90$  cm ( $SD \pm 0.43$ ) y el peso de los embriones  $12.01 \pm 3.80$  gr ( $SD \pm 2.01$ ). En la parte ventral del embrión en la zona media, se distingue el cordón vitelino completo con el vitelo el cual se visualiza reducido en este estadio. La cloaca que está ubicada en la parte media baja en la vista ventral, se percibe más ensanchada. En la cola la mancha caudal que se encuentra en la parte media de la cola, se observa pigmentación leve y la protuberancia de la espina caudal. Se registra pigmentación en la parte media ventral en los arcos branquiales (**Figura 6**).



**Figura 6.** Fotografía de *Urotrygon chilensis* en Estadio 5. (A) vista dorsal del embrión; (B) vista ventral del embrión; (C) acercamiento de la mancha caudal; (D) acercamiento de glóbulo ocular. Esquema de embrión de *Urotrygon chilensis* en Estadio 5, (E) vista dorsal y (F) vista ventral. ES: espiráculo; O: ojo; MC: mancha caudal; BO: boca; N: narinas; V: vitelo; CV: cordón vitelino; CO: cloaca.

## Estadio 6

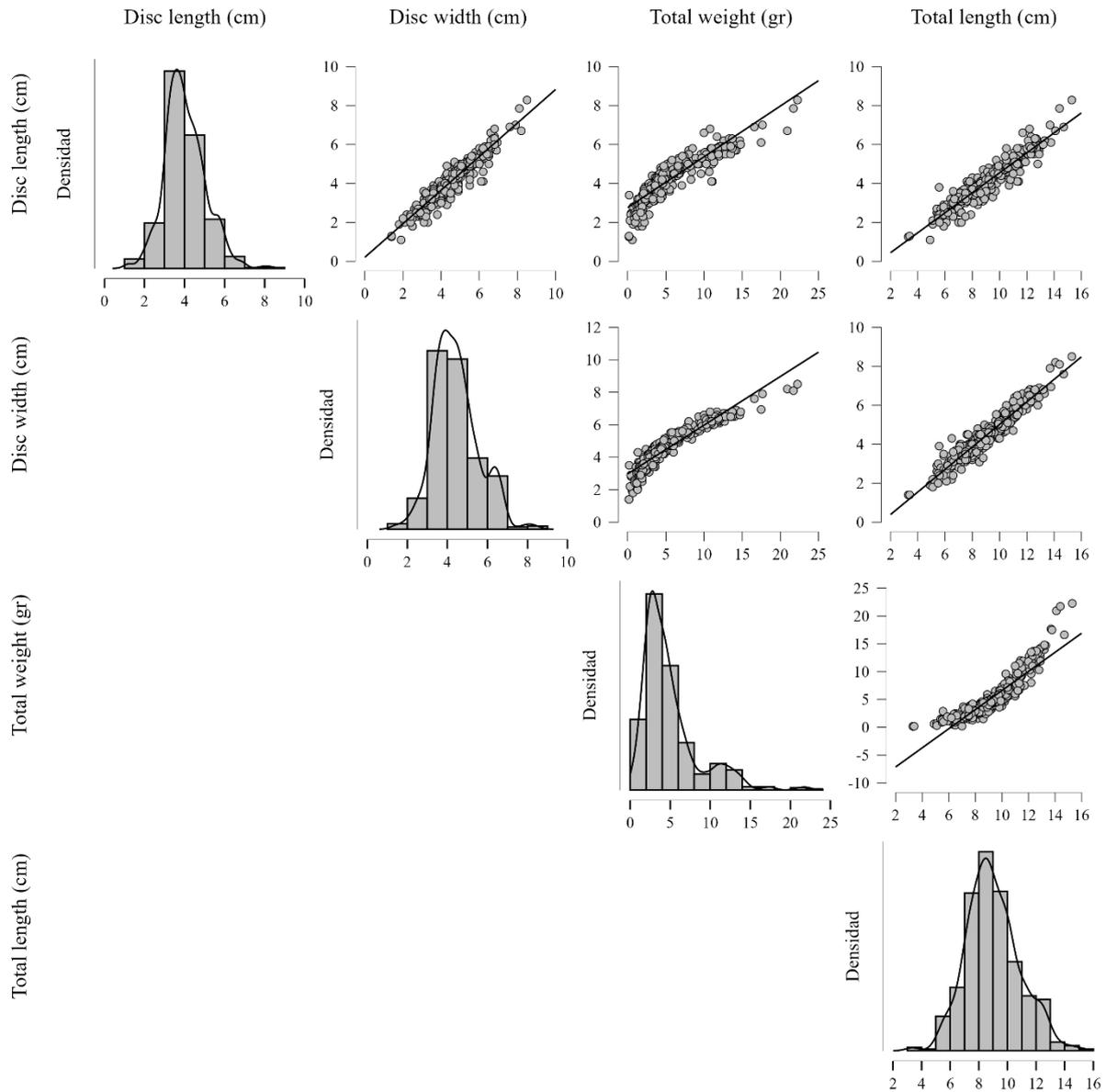
En este estadio se obtuvo un registro de 211 individuos con un rango de LT 12-14 cm  $15.30 \pm 12.00$  cm ( $SD \pm 0.76$ ), AD  $8.50 \pm 5.80$  cm ( $SD \pm 0.58$ ), LD  $8.28 \pm 5.00$  cm ( $SD \pm 0.62$ ) y el peso de los embriones  $22.25 \pm 8.00$  gr ( $SD \pm 3.03$ ). En este estadio se da la presencia de pigmentación en todo el individuo en la parte dorsal de su cuerpo, los radios se observan mucho más definidos en la parte lateral de las aletas pélvicas. Los espiráculos tienen esta forma de “cuernos” mucho más presente, además se encuentran significativamente más pegados a la cabeza, en la parte ventral, las narinas se encuentran más estrechas entre sí y en la boca se observa una mayor estructura en la parte inferior y superior de la misma. En la zona media baja de la parte ventral, se observa la cloaca más ensanchada, además ya no se registró la presencia del cordón vitelino en esta fase de crecimiento. Se registró en este estadio la presencia de la espina caudal de 0.75 cm de largo en la parte media de la cola (**Figura 7**).



**Figura 7.** Fotografía de *Urotrygon chilensis* en Estadio 6, (A) vista dorsal del embrión; (B) vista ventral del embrión; (C) acercamiento de la mancha caudal; (D) acercamiento de glóbulo ocular. Esquema de embrión de *Urotrygon chilensis* en Estadio 6, (E) vista dorsal y (F) vista ventral. ES: espiráculo; O: ojo; EC: espina caudal; BO: boca; N: narinas; CO: cloaca.

### 3.2 Análisis de las variables

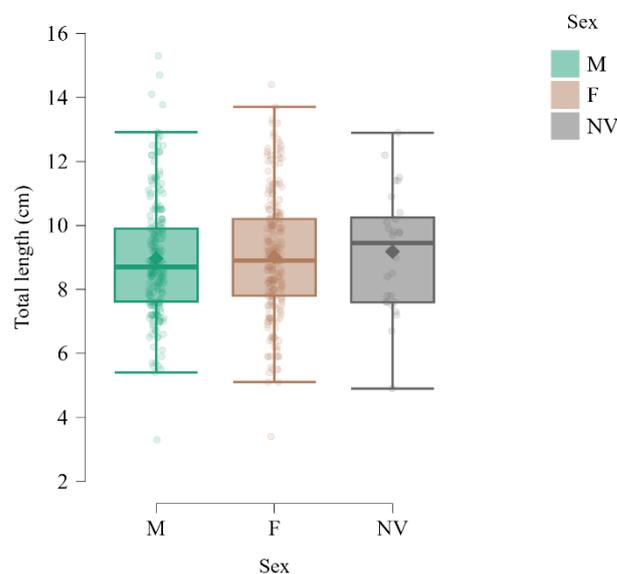
Se realizó un análisis multivariado entre las medidas de LT, PT, AD y LD, empezando con LT muestra una densidad de datos de 8-10 cm  $15.30 \pm 3.30$  cm ( $SD \pm 1.86$ ), PT muestra una densidad de datos entre 0-5 gr  $22.25 \pm 0.17$  gr ( $SD \pm 3.49$ ), AD muestra una frecuencia de datos de 3-5 cm  $8.50 \pm 1.40$  cm ( $SD \pm 1.12$ ) y LD mostro una densidad de datos de 3-5 cm  $8.28 \pm 1.10$  cm ( $SD \pm 1.01$ ). AD-LD presenta correlación lineal de  $R^2 = 0.91$  con la expresión de la formula potencial de  $y = 0.9637x^{0.9594}$ , PT-LD muestra  $R^2 = 0.8061$  bajo la expresión de la formula potencial de  $y = 2.4521x^{0.3421}$ , PT-AD dio como resultado un índice de correlación de  $R^2 = 0.8723$  mostrando la formula potencial de  $y = 2.6736x^{0.3492}$ , LT-LD indico un  $R^2 = 0.8866$  con la expresión de la formula potencial de  $y = 0.3178x^{1.1528}$ , LT-AD mostro un  $R^2 = 0.922$  con la expresión de la formula potencial de  $y = 0.3407x^{1.1651}$  y por ultimo LT-PT muestra un índice de  $R^2 = 0.8377$  con una fórmula de  $y = 0.0046x^{3.0977}$  (**Grafica 1**). También se realizaron pruebas de normalidad mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov, la cual expreso valores de LT  $p\text{-valor} > 0.001$ , PT  $p\text{-valor} > 0.000$ , AD  $p\text{-valor} > 0.000$  y LT  $p\text{-valor} > 0.000$ , rechazando la hipótesis nula en todas las variables métricas, tomando en cuenta un nivel de significancia del 95%, lo cual muestra que no existe normalidad en ninguna de las variables.



**Grafica 1.** Gráficos de correlación con la densidad de cada una de las variables, Total length (cm)=LT, Total weight (gr)=PT, Disc width (cm)=AD, Disc length (cm)=LD. Se presentan graficas de correlación de; LT-PT, LT-AD, LT-LD, PT-AD, PT-LD y AD-LD.

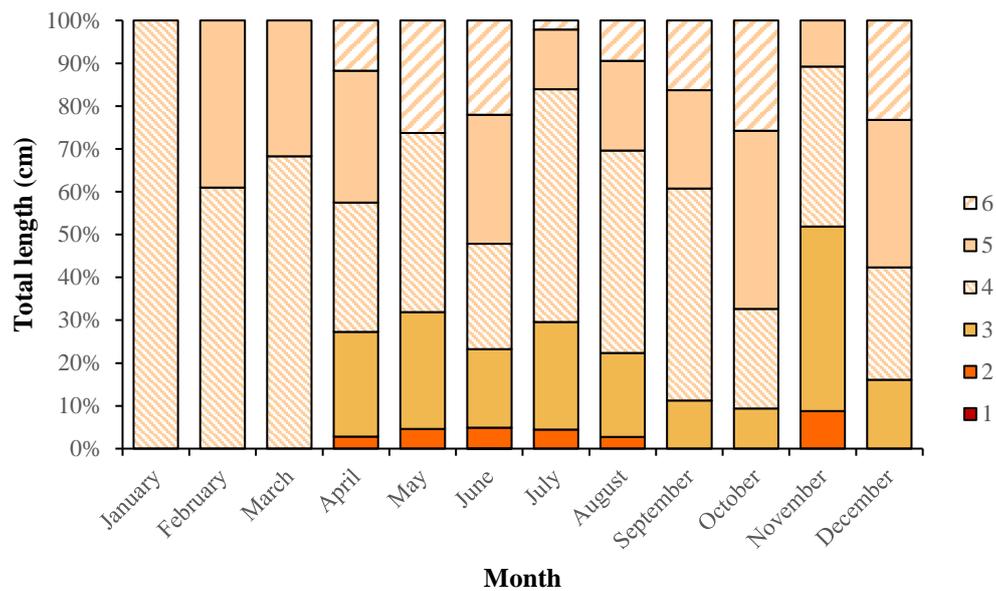
La identificación de sexo se realizó mediante la presencia de gonopterigios en machos, de los cuales 222 fueron machos y 234 hembras, dando así una proporción sexual de 0.95M/1H, la mayor cantidad de embriones se encontraron en el útero izquierdo con un numero de 406 y en el útero derecho 61, siendo el dominante el útero izquierdo. Se realizó un diagrama de cajas y bigotes de LT por sexo ya que es la medida más representativa en los datos, el grafico muestra que no hay diferencias significativas entre machos y hembras, sus valores son muy similares, se tiene para machos  $15.30 \pm 3.30$  cm ( $SD \pm 1.82$ ) y para hembras  $14.40 \pm 3.40$  cm ( $SD \pm 1.90$ ). También se realizaron pruebas de contraste de igualdad de varianzas de Levene la cual dio

como resultado p-valor de  $0.42 < 0.05$  rechazando la hipótesis nula, indicando que las varianzas son iguales. La prueba U de Mann-Whitney mostro como resultado un p-valor de  $0.62 < 0.05$  para LT, rechazando la hipótesis nula, mostrando que no existe diferencia entre las medias. Anova para sexo indico un p-valor de  $0.79 < 0.05$ , rechazando la hipótesis nula, indicando que no existen diferencias entre los sexos. Las pruebas de Post-hoc de Tukey dio  $0.79 < 0.05$ , la prueba de Games-Howell  $0.79 < 0.05$ , Dunnett indico un valor de  $0.79 < 0.05$  y la prueba de Kruskal-Wallis dio un valor de  $0.62$ , todas las pruebas rechazaron la hipótesis nula, señalando que no difieren machos y hembras. La prueba chi cuadrado dio un valor de  $0.27 < 3.84$ , indicando que no existen diferencias significativas. **(Grafica 2).**



**Grafica 2.** Longitud total por sexo.

En el grafico de barras muestra la Longitud Total con relación a los estadios por meses, mostrando que en el mes de junio existió muestras de todos los estadios completos, a diferencia de enero que solo exhibió un estadio el cual es el estadio 6. También se observa que en todos los meses existió la presencia de embriones en estadio 4 y que desde julio se muestra un incremento de LT en porcentaje del estadio 5 y 6 hasta octubre, en esas mismas fechas el estadio 4 empezó a disminuir y el estadio 3 y 2 de igual forma, lo cual indica que no existe datos con sincronía en los meses muestreados **(Grafica 3).**

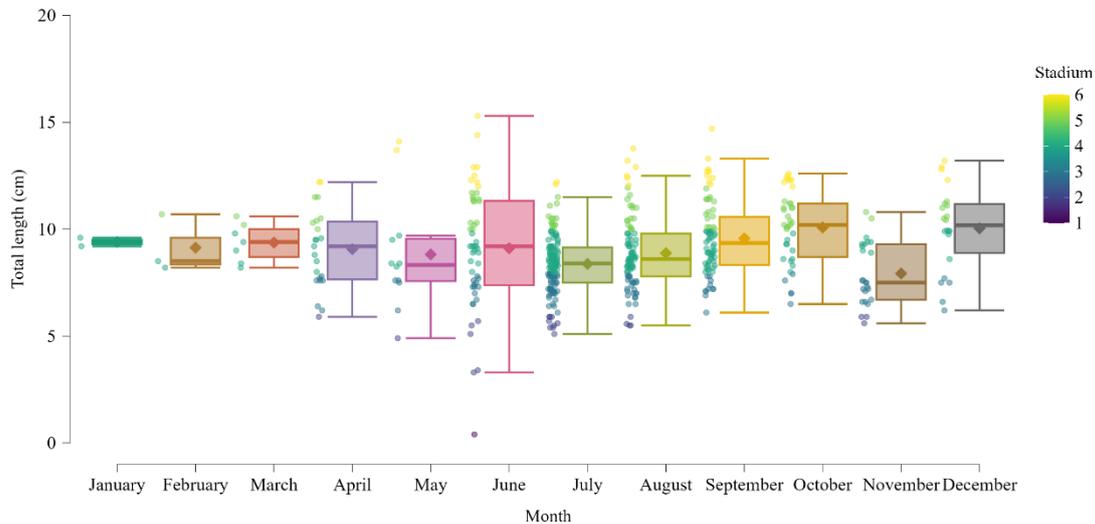


**Grafica 3.** Longitud total en relación con los estadios por meses.

El en grafico de cajas y bigotes de Longitud total se tuvo un valor de muestras de 485 que fueron expresadas en el grafico con relación a los estadios por los meses, este grafico muestra diferencias significativas en los meses de febrero y noviembre, febrero indica que la mediana con relación a la media es menor y en noviembre a comparación de los meses anteriores exhiben una progresión en las tallas que va desde el mes de julio hasta octubre que es donde ocurre la diferencia significativa, noviembre expresa una mediana inferior a los 10 cm. En junio muestra un valor atípico de los datos que se refleja en el estadio 1 que tiene una talla menor a 1 cm, también se observa que el mes en donde existe más embriones muestreados es el mes de junio por toda la concentración de valores que refleja (**Grafico 4**).

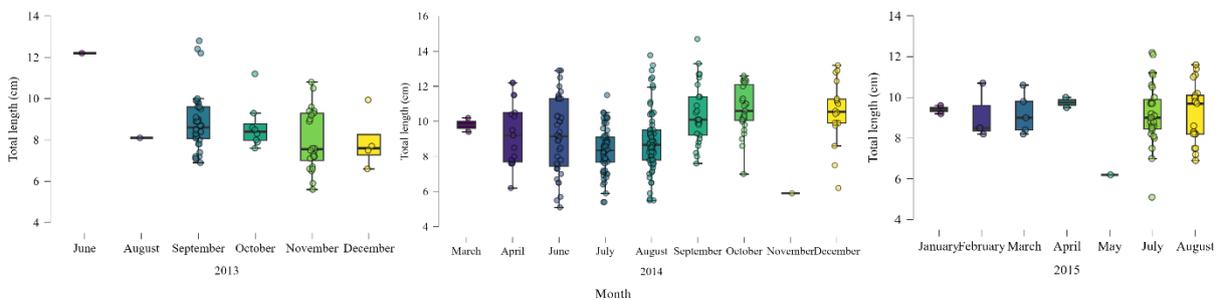
Se realizaron pruebas para los meses, empezando con una prueba de Anova con correcciones de homogeneidad con el test de Brown-Forsythe el cual indico un *p-valor* de 0.001 aceptando la hipótesis alternativa, mostrando que algunos grupos tienen varianzas iguales. Para analizar los supuestos de igualdad de varianza se utilizó la prueba de Levene la cual indico un *p-valor* de 0.001, mostrando una diferencia significativa entre las varianzas. Contrastes de Post-hoc iniciando con la prueba de Tukey la cual mostro valores significativos en los meses de julio-septiembre, julio-octubre y octubre-noviembre todos con un  $p=0.001$ , mostrando que existe diferencias entre las medias en estos meses. La prueba de Games-Howell exhibió valores significativos en los meses de julio-septiembre, julio-octubre y octubre-noviembre con un  $p=0.001$ , aceptando la hipótesis alternativa, infiriendo que existen grupos de varianzas

desiguales. La prueba de Kruskal-Wallis mostro un p-valor de 0.001 indicando que existen diferencias significativas. La prueba de Dunn mostro un p=0.001 en los meses de julio-septiembre, julio-octubre y octubre-noviembre, indicando que existen diferencias.



**Grafica 4.** Diagrama de cajas y bigotes de Longitud total (cm) en relación con los estadios del 1-6 por los meses muestreados.

Se tomo en cuenta los años más representativos de muestras, los cuales fueron 2013, 2014 y 2015, este grafico mostro que desde el mes de julio exhiben tallas de  $12 \pm 6$  cm en 2014 y 2015, también observa que en el mes de septiembre muestran tallas de  $7 \pm 15$  cm en 2013 y 2014, el mes de octubre tiene tallas mayores a 7 cm en los años de 2013 y 2014. Se observa que en junio del 2014 se obtuvieron embriones de todos los tamaños al igual que en agosto en ese mismo año, en los meses de julio agosto y septiembre se puede observar un crecimiento de los embriones, vemos también en el año 2013 y 2014 en el mes de septiembre exhiben tallas mayores a los 6 cm y en el mes de julio y agosto siguen existiendo embriones de menor tamaño que van a estar creciendo en octubre, noviembre y diciembre, por lo que estos datos no reflejan un ciclo de reproducción sincrónico. **(Grafica 5).**



#### 4. Discusión

El crecimiento de *U. chilensis* con respecto a LT-PT tuvo un crecimiento isométrico, lo que indica que ambas medidas crecen proporcionalmente, además no hubo diferencias significativas (LT) entre hembras y machos. En *Urotrygon rogersi* exhibe un crecimiento isométrico (Jacinto-Hernández y Torres-Huerta, 2010) al igual que *Urotrygon chilensis* (Vázquez, 2015).

Para *U. chilensis* los organismos sexados de 485 fueron 222 macho y 234 hembras de las cuales se obtuvo una proporción sexual de 0.95M/1H encontrando que no hay diferencias estadísticamente significativas entre la proporción de sexo, esto mismo se registra en algunos casos como, Vazquez et al, (2022) donde se tuvo muestras de embriones de la especie *Sympterygia acuta*, 8 hembras y 8 machos de 53 muestras de las cuales 19 fueron sexadas, lo cual proporcione 1H:1M, lo que evidencio que no existen diferencias estadísticas, también Nava, (2013) tuvo un numero de datos de 1027 embriones de los cuales se obtuvo una proporción sexual de 0.7H:1M indicando que no existen diferencias en los datos.

Con respecto al ciclo de nacimiento de *U. chilensis* mostro que en los meses de septiembre y agosto tienen tallas (LT) mayores a 13 cm y en el mes de junio y julio exhiben tallas de LT menores a 6 cm, también en los meses de julio agosto y septiembre se registra un ascenso de tallas de LT hasta los 8 cm y empieza un registro de tallas de LT de hasta 14 cm, además en las pruebas realizadas de post hoc se muestra que existen diferencias significativas en los meses de julio-septiembre, julio-octubre y octubre-noviembre. La literatura nos indica que *U. chilensis* tiene 2 ciclos de nacimiento que fluctúan en los meses de marzo-abril y agosto-octubre teniendo así un ciclo sincrónico con periodos de gestación de 4-5 meses, además también se evidencia que en los meses de mayo y junio existieron datos de embriones de menor tamaño (Rubio Lozano, 2009). En los datos obtenidos nos indican que no se tiene un ciclo sincrónico porque las tallas (LT) fluctúan de manera desigual. Esto puede ocurrir por condiciones del medio en el que se encuentre o la cantidad de alimento que existe, descrito por Castro (2009).

La mayor cantidad de embriones se localizaron en el útero izquierdo con 406 de 467 muestras procesadas, las demás muestras se encontraban fuera del útero debido al estrés por la pesca incidental. En *Urotrygon chilensis*, las hembras presentan ovarios pareados, sin embargo, únicamente el ovario izquierdo es funcional y produce ovocitos, este patrón contrasta con el de los tiburones, en los que es común que el ovario derecho sea predominante y el principal

productor de ovocitos, mientras que el izquierdo es generalmente rudimentario o inactivo. En los batoideos, en cambio, el ovario izquierdo desempeña un papel crucial en la generación de ovocitos, siendo el principal órgano reproductivo activo, Aunque el ovario derecho suele desarrollarse en muchas especies de rayas, generalmente carece de funcionalidad (Wourms, 1981; Hamlett y Koob, 1999; Mejía- Mercado, 2006; Mejía-Falla et al., 2012; Guzman Castellano, 2015). Por ejemplo, en los embriones *Gymnura micrura* (Kobelkowsky 2004) y *Urolophus lobatus* (White et al., 2001) que tuvo una mayor representación en el útero izquierdo. Babel, 1967 y Spieler et al., 2013 mencionan que es un patrón común que el útero izquierdo sea el dominante para las crías, mientras las camadas sean pequeñas, los embriones se desarrollaran en el útero izquierdo por la proximidad y el derecho entra en funcionamiento cuando camadas grandes demandan el uso simultáneo de ambos úteros.

En este estudio se eligieron 6 estadios debido a los cambios que presentan en las diferentes fases de crecimiento que son reconocibles mediante la observación morfológica del embrión, que se reconocieron mediante la comparación del estudio de Vázquez, (2015) que realizó la descripción del desarrollo embrionario en *Urotrygon chilensis* donde describe 5 estadios.

El primer estadio se observa por la aparición del embrión en la superficie de la yema de huevo o vitelo, donde el embrión se le diferencia la parte del cuerpo por la cabeza y la parte final que es la cola, por lo que se muestra que está en la etapa de farínula, esto también lo describe (Musa et al., 2018). El estadio 2 se observa la presencia de filamentos branquiales, la aparición de órganos, las placas ópticas y además se sigue observando el vitelo, igual que en la raya *Potamotrygon magdalena* en el estadio 2 (Lizcano-Gutiérrez & Ramírez-Pinilla, 2022). Además, se ha observado que la transferencia de nutrientes es mucho más eficiente en especies con trofonemata que aquellas que presentan saco vitelino-placenta (Wourms, 1981).

El estadio 3 presenta aletas pectorales fusionadas a la cabeza, completando el disco, aletas pélvicas formadas y la aparición de la mancha caudal (Lizcano-Gutiérrez & Ramírez-Pinilla, 2022). El estadio 4 no se observan muchos cambios, pero si un crecimiento de (LT, AD, LD Y PT) del embrión en comparación con los anteriores estadios. El estadio 5 se observa el vitelo consumido, lo cual no se logró ver en los anteriores estadios, esto puede pasar por el desprendimiento del saco vitelo en las primeras fases de crecimiento del embrión (Templeman 1982; Caldeira, 2006; Luer et al., 2007; Hoff, 2009, Vázquez, 2015).

El estadio 6 presenta la espina caudal, coloración marrón oscura en la parte dorsal y el vitelo completamente consumido, además el cordón vitelino que aún estaba presente en los anteriores estadios ya no se presentaba en este. En otros estudios se observa algo similar en otras especies con una mayor cantidad de estadios como Musa et al., (2018) o Furumitsu et al., (2019).

En conclusión, el desarrollo embrionario en *Urotrygon chilensis* se dividió en seis estadios, siendo el primero de ellos identificado en especímenes cuyo útero fue fijado con formol. Sin embargo, se ha observado que, en muchas ocasiones, los primeros estadios de desarrollo son difíciles de registrar debido a que los embriones suelen desprenderse del saco vitelino como consecuencia de abortos inducidos por la pesca incidental. Se determinó que los ciclos reproductivos de *U. chilensis* pueden variar considerablemente según la ubicación geográfica de las poblaciones, una variabilidad que se atribuye a factores ambientales y cambios en su hábitat. La gestación de nuevos embriones ocurre simultáneamente con el nacimiento de las crías ya desarrolladas, lo que refleja una estrategia reproductiva eficiente que combina procesos de desarrollo continuo con la producción de crías completamente formadas, es modelo interesante para estudios sobre la evolución de las estrategias reproductivas en batoideos vivíparos.

## **5. Recomendaciones**

Identificar y proteger zonas clave de apareamiento y gestación, ya que los hábitats degradados pueden alterar los ciclos reproductivos de estas especies, además de poder estar disminuyendo la población.

Implementar estudios más precisos y detallados sobre las etapas de desarrollo embrionario sobre todo en especie del orden Urotrygonidae, ampliando así la información sobre desarrollo en batoideos.

## **Agradecimientos**

Expreso mis más sinceros agradecimientos a la Blg. Maribel Carrera, PhD por su compromiso, su confianza, su dirección, tutoría y su apoyo a lo largo de todo el proceso de este documento. De igual manera, al Blg. Jesús Humberto, PhD y al Blg. Klever Mendoza, PhD por su apoyo crucial en el análisis estadístico el cual fue primordial en el proceso del presente artículo, además le extiendo mis agradecimientos al grupo de investigación ShaREP por su espacio y su tiempo para culminación del documento.

**Referencias bibliográficas**

- Alvarez-Fuentes, C.J., Tovar-Ávila, J., Payan-Alejo, J., Chávez-Arrenquín, D.A., Salgado-Ugarte, I.H., Amezcua, F., 2023. Reproductive Ecology of the Chilean Round Ray (*Urotrygon chilensis*, Günther, 1872) in the Southern Gulf of California. *Fishes* 8, 193.
- Babel, J.S. 1967. Reproduction, life history and ecology of the round stingray, *Urolophus halleri* Cooper. *Fisheries Bulletin of the California Department of Fish and Game*. 137:1-104.
- Caldeira B. 2006. Morfología e biometría do desenvolvimento embriário da raia *Sympterygia acuta* Garman, 1877 (Elasmobranchii; Rajidae). Tesis de Maestría. Universidade Federal do Rio Grande. Brasil. 91p.
- Calle-Morán, M. D., & Béarez, P. (2020). Updated checklist of marine cartilaginous fishes from continental and insular Ecuador (Tropical Eastern Pacific Ocean). *Cybium: Revue Internationale d'Ichthyologie*. <https://doi.org/10.26028/cybium/2020-443-004>.
- Carrier, J.C., Pratt J.H.L., Castro J., 2004. Reproductive biology of elasmobranchs. In: *Biology of Sharks and Their Relatives*, J. Carrier, J. Musick and M. Heithaus (Eds.). CRC Press, Boca Raton, pp. 269-286.
- Castro, J. I., 2009. Observations on the reproductive cycles of some viviparous North American sharks. *Aqua, International Journal of Ichthyology*. 15:205 ± 222 pp.
- Consales, G., & Marsili, L. (2021). Assessment of the conservation status of Chondrichthyans: Underestimation of the pollution threat. *The European Zoological Journal*, 88(1), 165–180. <https://doi.org/10.1080/24750263.2020.1858981>
- Cortés E., 2000. Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science* 8: 299- 344.
- Devadoss, P., 1998. Observations on the breeding and development in some batoid fishes. *Indian J. Fish.* 45, 271–283.
- Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., Cavanagh, R. D., Kyne, P. M., Harrison, L. R., Carlson, J. K., Davidson, L. N., Fordham, S. V., Francis, M. P., Pollock, C. M., Simpfendorfer, C. A., Burgess, G. H., Carpenter, K. E., Compagno, L. J., Ebert, D. A.,
- Furumitsu, K., Wyffels, J. T., & Yamaguchi, A. (2019). Reproduction and embryonic development of the red stingray *Hemirhamphys akajei* from Ariake Bay, Japan. *Ichthyological Research*, 66(4), 419–436. <https://doi.org/10.1007/s10228-019-00687-9>
- Gibson, C., Heupel, M. R., Livingstone, S. R., ... White, W. T. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife*, 3, e00590. <https://doi.org/10.7554/eLife.00590>
- Granado-Lorencio, C. 2002. Ecología de peces. Universidad de Sevilla. España. 353p

- Guzman Castellano, A. B. (2015). *Historia de vida de la raya chilena Urotrygon chilensis (Günther, 1872) en el sureste del Pacífico mexicano* [Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.]. <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/94>
- Hamlett, W.C; T.J. Koob. 1999. Female Reproductive System. In Hamlett, W.C. (ed). *Sharks, Skates and Rays: the biology of Elasmobranchs Fishes*. Johns Hopkins University Press. Baltimore. Pp. 398-443.
- Hilton, A., & Armstrong, R. (2006). *Statnote 6: Post-hoc ANOVA tests*. 2006.
- Hoff G. 2009. Embryo developmental events and the egg cases of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert) and the Alaska skate *Bathyraja parmifera* (Bean). *Journal of Fish Biology* 74: 483-501.
- Jacinto-Hernández T y A. Torres-Huerta. 2010. Desarrollo embrionario de la raya espinosa *Urotrygon rogersi* (Jord y Starks 1895) en el Golfo de Tehuantepec. IV Simposium Nacional de tiburones y rayas (SOMEPEC). Universidad Nacional Autónoma de México. México. 179: 63-65
- Kobelkowsky, A. 2004. El sistema excretor de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Pisces. Rajiformes). *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 75: 185-192.
- Kunz, Y.W., Luer, C.A., & Kapoor, B.G., 2009. *Development of Non-teleost Fishes* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780367803575>.
- Kyne, P.M., Charvet, P., Areano, E.M., Cevallos, A., Espinoza, M., González, A., Herman, K., Mejía-Falla, P.A., Morales-Saldaña, J.M., Navia, A.F. & Velez-Zuazo, X. 2020. *Urotrygon chilensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T44647A124436667. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T44647A124436667.en>. Accessed on 09 October 2024.
- Larraguibel-Vallarino J. 2014. Desarrollo embrionario tardío de la raya costera, *Sympterygia lima* (rajiformes: arynchobatidae) basado en características morfológicas externas y en estructuras del endoesqueleto cartilaginoso. Tesis de Licenciatura. Universidad de Valparaíso. Chile. 103 p
- Last, P.R., White, W.T., Carvalho, M.R. de, Séret, B., Stehmann, M., Naylor, G.J.P., Marshall, L., 2016. *Rays of the world*. CSIRO Publishing, Clayton South VIC.
- Lizcano, S., & Ramirez Pinilla, M. P. (2022). Caracterización morfológica de los estadios embrionarios de la raya dulce acuícola *Potamotrygon magdalenae* (Elasmobranchii: Potamotrygonidae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 46. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1650>.

- Luer C., C. Walsh, A. Bodine y J. Wyffels. 2007. Normal embryonic development in the clearnose skate, *Raja eglanteria*, with experimental observations on artificial insemination. *Environmental Biology of Fishes*. 80: 239-255.
- McEachran, J., Miyake T., 1988. Three new of the Stingray Genus *Urotrygon* (Myliobatiformes: Urolophidae) from the Eastern Pacific. *Bulletin of Marine Science*. 42:366-375.
- McEachran J. D., Notarbartolo di Sciara., 1995. Peces batoideos. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, V. H. Niem (Eds). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental*. Vol. 2. Vertebrados-Parte 1. Roma. 745-792.
- McHugh, M. L. (2011). Multiple comparison analysis testing in ANOVA. *Biochemia Medica*, 21(3), 203–209. <https://doi.org/10.11613/BM.2011.029>
- Mejía-Falla, P.A., A.F. Navia., y E. Cortés. 2012. Reproductive parameters of *Urotrygon rogersi* (Batoidea: Urotrygonidae): a species with a triannual reproductive cycle in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*. 1-21.
- Mejía-Mercado, B. 2006. Aspectos taxonómicos y biológicos de las rayas espinosas del género *Urotrygon* en el Pacífico Vallecaucano, Colombia. Trabajo de 127 pregrado para la obtención del título de bióloga marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. Colombia.
- Musa, S. M., Czachur, M. V., & Shiels, H. A. (2018). Oviparous elasmobranch development inside the egg case in 7 key stages. *PLOS ONE*, 13(11), e0206984. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206984>
- Nava Nava, P. (2013). *Biología reproductiva de la raya enana, Urotrygon Nana (Miyake y Mceachran, 1988), en las costas de Sinaloa, México* [Universidad Nacional Autónoma de México].
- Nelson, J., 1994. *Fishes of the world*. 3<sup>a</sup> Edition. John Wiley and Sons. New York. 624 pp.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. Cuarta Ed. Wiley, Hoboken, EE.UU., 601 p
- Rubio Lozano, M. S. (2009). *Repositorio de Tesis DGBSDI: Aspectos reproductivos de la raya Urotrygon chilensis (Günther, 1871) en las costas de Sinaloa, México* [Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000651401>
- Spieler, R., Fahy, D., Sherman, R., Sulikowski, J., & Quinn, T. (2013). The Yellow Stingray, *Urobatis jamaicensis* (Chondrichthyes Urotrygonidae): A Synoptic Review. *Caribbean Journal of Science*, 47(1), 67–97.

- Stevens, J.D., Bonfil R., Dulvy N.K., Walker P.A., 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* 57: 476-494.
- Templeman W. 1982. Development, occurrence and characteristics of egg capsules of the Thorny skate, *Raja radiata* in the Northwest Atlantic. *Atlantic Fisheries Science* 3:47-56.
- Vazquez, D. M., Awruch, C. A., Lucifora, L. O., Díaz de Astarloa, J. M., & Mabragaña, E. (2022). Cronología del desarrollo embrionario en rayas (Chondrichthyes: Rajiformes): *Sympterygia acuta* como primer caso de estudio en la familia Arhynchobatidae. *Zoology*, 155, 126057. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2022.126057>
- Vázquez Robles, L. M. V. (2015). *Descripción del desarrollo embrionario de la raya redonda moteada Urotrygon chilensis (GÜNTHER, 1872)*. [Universidad Autónoma de Baja California Sur Área de Conocimiento de Ciencias Del Mar Departamento Académico de Biología Marina]. <https://biblio.uabcs.mx/tesis/te3487.pdf>
- White, W., M. Platell e I. Potter. 2001. Relación entre la biología reproductiva y la composición por edad y el crecimiento en *Urolophus lobatus* (Batoidea Urolophidae). *Marine Biology* 138: 135-137.
- Wourms, J.P. 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *American Zoology*. 17. 379-410.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3ª edition. Prentice Hall, EUA. 662 p.