

## ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE OTOLITOS EN PELÁGICOS PEQUEÑOS DE LA FAMILIA CARANGIDAE CAPTURADOS EN EL PACÍFICO ECUATORIANO

### MORPHOMETRIC ANALYSIS OF OTOLITHS IN SMALL PELAGICS OF THE CARANGIDAE FAMILY CAPTURED IN THE ECUADORIAN PACIFIC

Luis Bravo Delgado<sup>1,2\*</sup> , Javier Cañarte Pin<sup>2</sup> , Luis Zambrano Santana<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Estatal de Guayaquil, Ecuador.

<sup>2</sup> Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

\* Autor correspondencia: [luis.bravo@uleam.edu.ec](mailto:luis.bravo@uleam.edu.ec)

#### Resumen

El análisis de otolitos es clave para entender la vida y comportamiento de peces, así como para identificar especies en investigaciones sobre filogenia y sistemática. El propósito de este estudio fue describir los otolitos sagitales de peces pelágicos pequeños (Familia Carangidae) de interés comercial en las costas del Pacífico ecuatoriano y comparar la correlación entre la talla del pez y la longitud del otolito. Las muestras se recolectaron durante seis meses, entre febrero y julio de 2014, en distintos puertos pesqueros de la región y se identificaron a nivel de especie. Los otolitos se extrajeron mediante corte ventral, pasando por un proceso de limpieza, blanqueo, secado y almacenamiento. Se describieron las características morfológicas distintivas de los otolitos para cada especie, evaluando la similitud en su forma. Se registraron datos de longitud total (LT) y longitud del otolito (LO). Se llevaron a cabo análisis de regresión lineal y correlación de Pearson, y se evaluó la similitud entre otolitos mediante un dendrograma de similitud (UPGMA) utilizando el índice de Bray-Curtis. Se analizaron un total de 270 pares de otolitos correspondientes a 9 especies, determinando que *Oligoplites saurus* exhibió la mayor correlación entre LT y LO ( $r=0,926$ ), mientras que *Carangoides otrynter* mostró la menor correlación ( $r=0,632$ ). *Selar crumenophthalmus* compartió menos características morfológicas con todas las especies, seguida por *O. saurus*, mientras que *Selene peruviana* y *S. brevoortii* presentaron la mayor similitud morfológica en sus otolitos.

**Palabras claves:** Morfometría, otolito, sagitta, Pacífico ecuatoriano.

#### Abstract

The analysis of otoliths is crucial for understanding the life and behavior of fish, as well as for identifying species in research on phylogeny and systematics. This study examined the sagittal otoliths of small pelagic fish (Family Carangidae) of commercial interest off the coast of the Ecuadorian Pacific. Samples were collected over six months, from February to July 2014, at various fishing ports in the region and were identified at the species level. Otoliths were extracted through ventral cutting, undergoing a process of cleaning, bleaching, drying, and storage. The distinctive morphological characteristics of otoliths for each species were described, evaluating the similarity in their shape. Data on total length (LT) in centimeters and otolith length (LO) in millimeters were recorded. Linear regression and Pearson correlation analyses were conducted, and otolith similarity was assessed through a similarity dendrogram (UPGMA) using the Bray-Curtis index. A total of 270 pairs of otoliths corresponding to 9 species were analyzed, determining that *Oligoplites saurus* exhibited the highest correlation between LT and LO ( $r=0.926$ ), while *Carangoides otrynter* showed the lowest correlation ( $r=0.632$ ). *Selar crumenophthalmus* shared fewer morphological characteristics with all species, followed by *O. saurus*, while *Selene peruviana* and *S. brevoortii* exhibited the highest morphological similarity in their otoliths.

**Keywords:** Morphometry, otolith, sagitta, Ecuadorian Pacific.

Recibido: 2023-11-23 Aceptado: 2023-12-21 Publicado: 2023-12-31

## 1. Introducción

La familia Carangidae exhibe una diversidad considerable de peces, comprendiendo 31 géneros, que se encuentran en aguas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico (Nelson 2006; Froese y Pauly 2023). Los carángidos son peces activos que generalmente se encuentran en cardúmenes o en grupos reducidos (Smith-Vaniz, 1995). Esta familia ostenta una notable relevancia a nivel mundial en actividades como la pesca, pesca recreativa, acuicultura y, en particular, en el comercio, ya que todas sus especies son adecuadas para el consumo humano (Katsuragawa, 1990). En el Ecuador, algunas especies de carángidos poseen un valor económico significativo y son objeto de explotación, tanto por la pesca artesanal como por la industrial (Mendoza et al. 2023).

Los otolitos son estructuras cristalinas compuestas de carbonato de calcio, depositadas en forma de aragonita y situadas en el oído interno de los peces óseos (Dubox, 2023). El análisis de otolitos es esencial para entender la vida de los peces, con técnicas como la microquímica y morfometría, se descubren patrones de comportamiento y hábitat. Además, los otolitos son herramientas valiosas para la identificación de especies y para investigaciones sobre la filogenia y sistemática de peces (Avigliano, 2014; Callicó, 2017).

La determinación de peces óseos mediante la observación de estructuras distintivas, como espinas y radios, junto con la cuenta de marcas de crecimiento en escamas, puede ser limitada en ciertas especies (Martínez, 1998). Esto se debe al solapamiento entre las características de diferentes especies. Por esta razón, se ha explorado la utilización de otras estructuras internas, como las vejigas gaseosas o los otolitos, para lograr una identificación más precisa de las especies (Chao, 1978).

Los otolitos, presentes en la cavidad del oído interno de peces teleósteos, actúan como órganos de equilibrio y audición. Aislados por una

membrana, su crecimiento tridimensional no es uniforme, variando en tamaño y forma entre especies. Estas estructuras son parte del sistema acústico-lateral en peces actinoptergios y sarcopterigios (Campana, 1999; Thorrold, 2001; Harder, 1975).

Los teleósteos tienen tres pares de otolitos en sus cámaras óticas: sagitta, asteriscus y lapillus. La sagitta, el más grande, es clave para identificar organismos en estudios de dieta debido a su forma y ornamentaciones (Martínez et al., 2007; Harkonen, 1986). Sus características específicas y resistencia a la digestión hacen que sea esencial en investigaciones sobre la dieta de animales marinos ictiófagos (Fitch y Brownell, 1968; Leible, 1989).

Los otolitos son clave para determinar la dieta de animales marinos ictiófagos, impulsando la necesidad de estudiar y documentar su morfología. Mantener colecciones consistentes de otolitos en museos y laboratorios es reconocido como crucial (Naveda, 2001). Duffy (1986) evaluó métodos para analizar la dieta de peces depredadores, aves y mamíferos marinos, destacando la amplia utilización de otolitos en la identificación de peces presa debido a su alta variabilidad interespecífica. Los otolitos son esenciales para estudiar el crecimiento, mortalidad y migración de poblaciones de peces, además de ser indicadores ambientales al contener elementos como metales pesados junto con el carbonato de calcio (Volpedo y Echeverría, 2000). Esto ha llevado a la creación de claves y guías de identificación para diversas especies (Pierce & Boyle, 1991; Smale et al., 1995).

En investigaciones llevadas a cabo en la región, Yanez (1976) destacó la importancia de la morfometría de otolitos en México, García (2001) examinó patrones morfológicos del otolito sagitta en peces del Pacífico Sudeste, y Torno (1976) describió otolitos sagitta, incluyendo Carangidae. Correa (1993) detalló otolitos sagitta de Carangidae en Brasil, y Baldás et al., (1997) describieron otolitos sagitta en especies como

*Seriola lalandi* y *Trachurus lathami*. Barrera (2008) hizo un estudio osteológico comparativo de Carangidae en el Pacífico mexicano, mientras que Santillán et al., (2011) describieron otolitos sagitta de Carangidae en Veracruz, México. Dawson (1986) analizó otolitos de peces pelágicos pequeños en Ecuador, estimando longitud y parámetros de crecimiento.

En el Pacífico ecuatoriano, la investigación sobre otolitos de peces, especialmente pelágicos pequeños de importancia comercial, es limitada y no ampliamente publicada. Considerando la relevancia de los otolitos en la evaluación de recursos pesqueros, esta investigación se centra en examinar la morfometría de los otolitos en las principales especies de peces pelágicos pequeños en el Ecuador.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el Pacífico ecuatoriano, específicamente en los principales puertos artesanales, entre los que se incluyen Jama ( $0^{\circ}7'2''.30''S$ ,  $80^{\circ}12'43.55''O$ ), Los Arenales de Crucita ( $0^{\circ}51'38.20''S$ ,  $80^{\circ}32'14.43''O$ ), Jaramijó ( $0^{\circ}56'32.25''S$ ,  $80^{\circ}38'10.74''O$ ), Manta ( $0^{\circ}56'58.55''S$ ,  $80^{\circ}42'39.22''O$ ), San Lorenzo ( $1^{\circ}4'9.40''S$ ,  $80^{\circ}54'26.52''O$ ), y Las Piñas ( $1^{\circ}5'32.24''S$ ,  $80^{\circ}53'55.44''O$ ), entre otros. Estos sitios fueron seleccionados por ser identificados como puntos estratégicos con una mayor incidencia de capturas de individuos pertenecientes a la familia Carangidae (Figura 1).

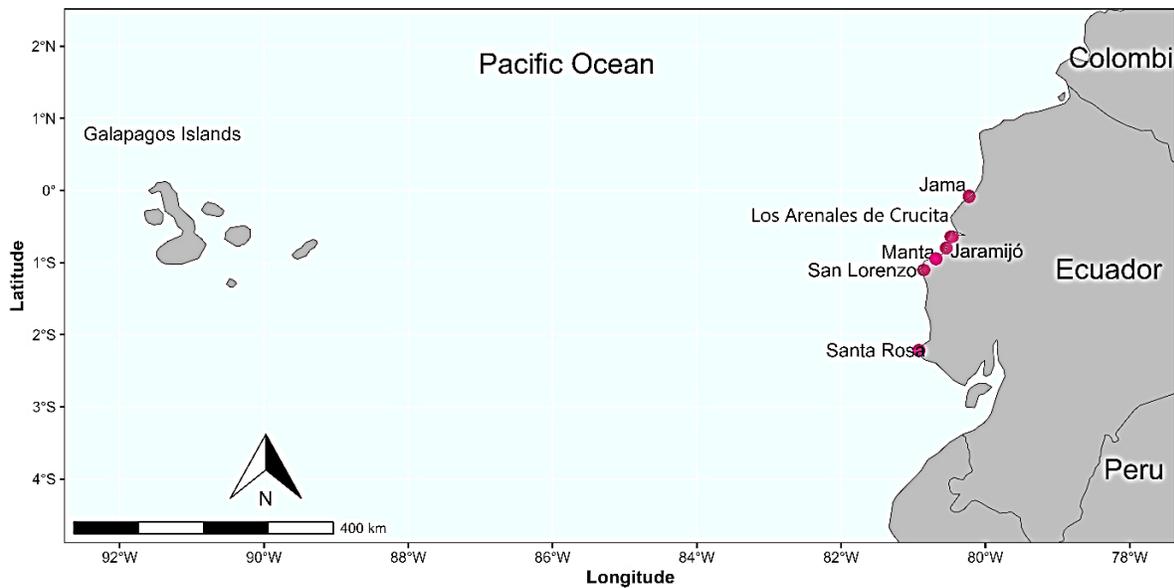


Figura 1. Zonas de muestreo.

### 2.2 Fase de laboratorio

Una vez recolectados los especímenes se identificaron hasta especie, para la caracterización taxonómica de los ejemplares, se tomó como base los catálogos de Chirichigno & Cornejo (2001) y Jiménez-Prado & Beárez (2004), luego se llevaron al laboratorio de biología de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí para sus análisis morfométricos, utilizando una ficha

técnica adaptada para la recopilación de datos, se procedió al registro de longitud total con un ictiómetro digital de modelo FLUKE 419D.

Para extraer los otolitos sagitta, se aplicó la metodología de Dannevig (1956), conocida como corte ventral de las cápsulas óticas. Consiste en realizar un corte transversal en la región yugular delante del cleithrum, exponiendo las cápsulas óticas en la base del neurocráneo. Una vez

extraído los otolitos se sometieron a un lavado con alcohol para eliminar residuos de tejido, posteriormente fueron preservados en seco dentro de fundas plásticas rotuladas.

La morfología de las estructuras óseas, especialmente de los otolitos, se describió utilizando un estereoscopio Luxeo 4D (Labomed) con cámara incorporada. Se capturaron fotos digitales, principalmente de la cara interna del otolito, que presenta la topografía específica para la identificación. Estas imágenes fueron analizadas con el software Pixle Pro-2.7 para obtener medidas precisas de los otolitos y establecer correlaciones morfológicas entre las especies y sus características de los otolitos sagitta.

### 2.3 Análisis de datos

Con el propósito de simplificar la comprensión de las relaciones morfométricas de los otolitos entre las especies de carángidos recolectadas, se generó un dendrograma de similitud (UPGMA) utilizando el índice de Bray-Curtis. El dendrograma ilustra la relación entre los distintos grupos taxonómicos. El intervalo de las medidas fue dado por el análisis de similaridad en el dendrograma (0.0 a 5.58) haciendo referencia a las distancias que hay entre las características de los otolitos sagitta de las especies analizadas, es decir a menor distancia, mayor similitud habrá entre sus características morfológicas.

La correlación entre la longitud total y la longitud del otolito se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, suponiendo una relación lineal entre estos parámetros. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software Infostat, con un nivel de confianza del 95%.

### 3. Resultados

Se analizaron un total de 270 pares de otolitos sagitta correspondientes a 9 especies, entre las cuales *Trachinotus kennedyi* exhibió la menor longitud del otolito, mientras que *T. kennedyi* y *Selar crumenophthalmus* exhibieron las longitudes máximas. La evaluación de la

correlación entre la longitud total (LT) en centímetros y la longitud del otolito (LO) en milímetros, mostró una relación significativa en todas las especies ( $p < 0.001$ ). Se destaca que *Oligoplites saurus* presentó la correlación más fuerte, con un coeficiente  $r$  de 0.93, mientras que *Carangoides otrynter* mostró la correlación mínima, registrando un  $r$  de 0.63. (Tabla 1, Figura 2).

El análisis de similaridad entre grupos taxonómicos determinó que *S. crumenophthalmus* es la que menos comparte características morfológicas con todas las especies analizadas en este estudio, seguida por *O. saurus*. Además, hay dos grupos de especies que comparten características morfológicas, como la posición del surco acústico medial y la cauda subterminal. Entre estas, *S. peruviana* y *S. brevoortii* son las que muestran más similitudes morfológicas en sus otolitos. Todas las especies presentan una mella, y cinco de ellas tienen crestas bien marcadas: *A. ciliaris*, *C. orqueta*, *C. otrynter*, *S. crumenophthalmus* y *S. peruviana*. *O. saurus* muestra una depresión dorsal, mientras que *C. otrynter* y *S. crumenophthalmus* presentan depresiones ventrales. Seis especies tienen una cauda subterminal: *A. ciliaris*, *O. saurus*, *S. brevoortii*, *S. peruviana*, *S. rivoliana* y *T. kennedyi*. La ubicación del surco acústico es supramedial en siete especies, siendo medial en *O. saurus* y *S. crumenophthalmus* (Figura 3, Tabla 2).

### 4. Discusión

En la evaluación morfométrica de la relación entre la longitud total de las especies y la longitud del otolito, los resultados de este estudio presentan similitudes con los obtenidos por Torno (1976) en la plataforma Argentina y Santillan et al. (2001) en las costas de Veracruz, México. Estos investigadores llevaron a cabo un análisis de otolitos sagitta de diversas especies, incluyendo aquellas de la familia Carangidae, revelando una notable correlación entre la longitud total (LT) y la longitud del otolito (LO).

**Tabla 1.** Resumen estadístico de especies analizadas.

Especies	Variables	Rango	Media	DE	n	r	p-valor
<i>Alectis ciliaris</i>	LT	31.3 - 36.2	33.17	1.62	30	0.735	< 0.001
	LO	4 - 4.7	4.22	0.197			
<i>Carangoides otrynter</i>	LT	31.3 - 36.2	32.88	1.437	30	0.632	< 0.001
	LO	4.3 - 4.8	4.42	0.114			
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	LT	16.3 - 18.7	17.87	0.615	30	0.859	< 0.001
	LO	4.2 - 4.8	4.52	0.155			
<i>Oligoplites saurus</i>	LT	22 - 30	27.84	1.774	30	0.926	< 0.001
	LO	3.5 - 4.5	4.11	0.23			
<i>Selar crumenophthalmus</i>	LT	16.3 - 21.6	18.13	0.962	30	0.785	< 0.001
	LO	4.3 - 4.9	4.56	0.165			
<i>Selene brevoortii</i>	LT	19.8 - 32.7	23.73	4.565	30	0.749	< 0.001
	LO	3.5 - 4.6	4.09	0.296			
<i>Selene peruviana</i>	LT	19.8 - 23.1	21.27	0.693	30	0.781	< 0.001
	LO	4 - 4.5	4.14	0.127			
<i>Seriola rivoliana</i>	LT	20 - 23.6	21.49	0.976	30	0.778	< 0.001
	LO	4 - 4.4	4.17	0.127			
<i>Trachinotus kennedyi</i>	LT	24 - 27.8	26.02	1.171	30	0.913	< 0.001
	LO	3.3 - 4.9	4.15	0.391			

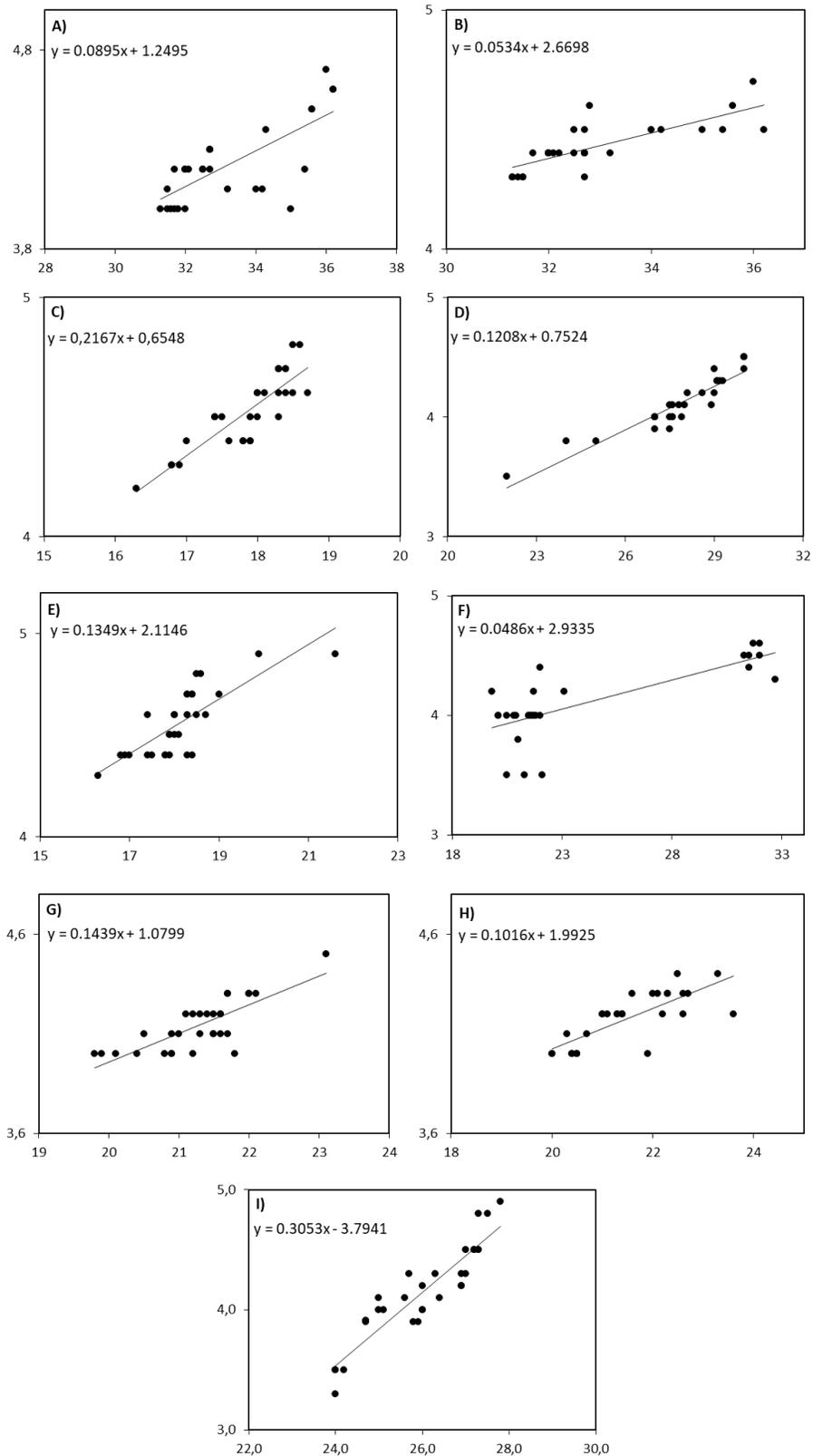
LT= Longitud total, LO= Longitud del otolito, Intervalo= Talla mínima y máxima, Media= Longitud promedio, DE= Desviación estándar, n= tamaño de la muestra, r= Coeficiente de correlación de Pearson y p-valor= significancia.

Este patrón también fue observado por Khanali et al. (2021) en el Golfo Pérsico y el Mar de Omán, así como por Osman et al. (2021) en el Mar Rojo en Egipto, quienes también encontraron una correlación similar.

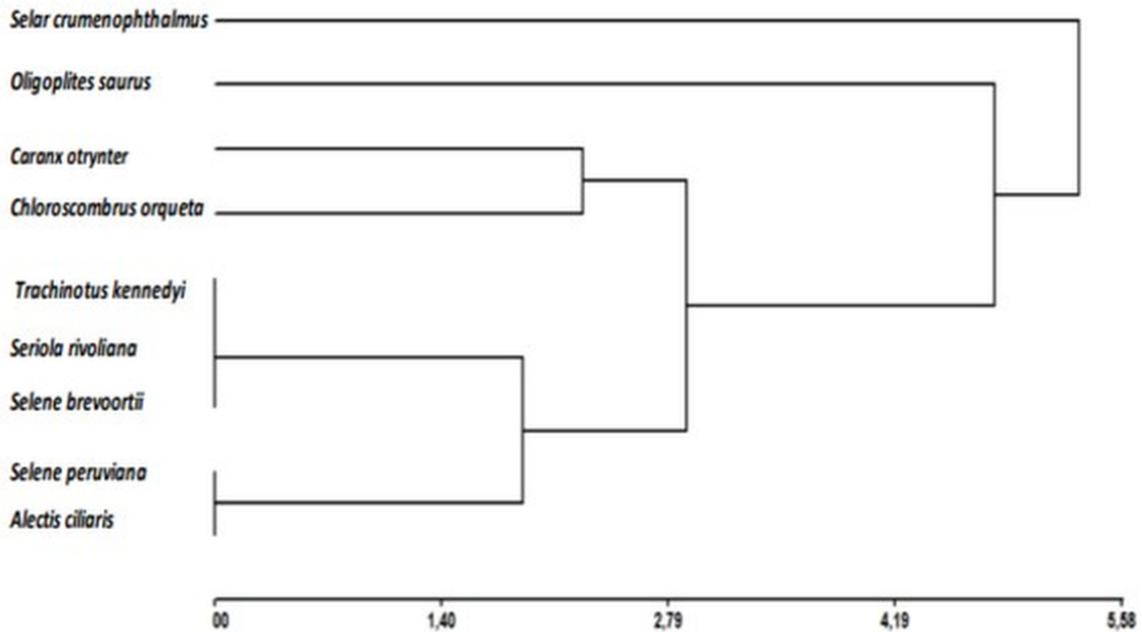
No obstante, en el presente estudio, las dimensiones analizadas correspondían a individuos de tamaño medio y grande. Además, diversos estudios han señalado que la relación entre estos dos parámetros no sigue una tendencia lineal en algunas especies (Araya & Cubillos, 2002; Rocha-Olivares & Gomez-Muñoz, 1993). Por otra parte, algunos estudios han detectado variaciones entre diversas especies, indicando que esta relación no constituye necesariamente una afirmación universal (López, 2014; Quiñonez et al, 2002). Rocha-Olivares & Gomez-Muñoz, (1993), también manifiestan que la relación entre la longitud del otolito y la longitud total del

pez sigue un modelo multiplicativo, indicando que la tasa de crecimiento de los otolitos disminuye más rápidamente con la edad en comparación con el organismo, por lo que la aplicación de otros modelos se puede considerar.

Cabe destacar que no se analizaron individuos por grupo de edad o talla, sin embargo, Ramírez, (2022), en un estudio realizado sobre la variación de los otolitos de la rabirrubia *Ocyurus chrysurus* en el Banco de Campeche, México, encontró que la edad de los peces tuvo un fuerte impacto en la morfometría de los otolitos, posiblemente debido a las migraciones durante su ciclo de vida. Aunque este estudio se enfocó exclusivamente en los otolitos sagitta por ser los más recomendados en la literatura, investigadores como Assis, (2005) han empleado otolitos utriculares (lapilli) para la identificación de especies y han discutido su

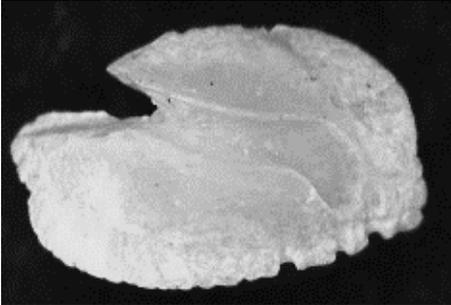
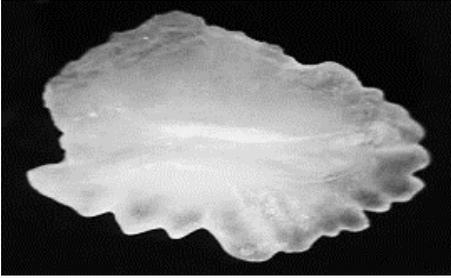


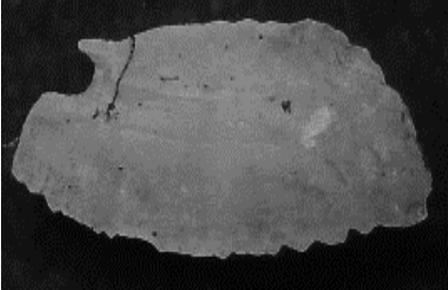
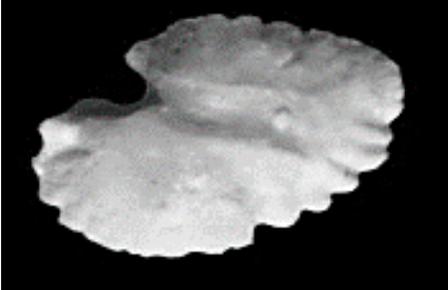
**Figura 2.** Regresión lineal de las especies analizadas A) *Alectis ciliaris*, B) *Carangoides otrynter*, C) *Chloroscombrus orqueta*, D) *Oligoplites saurus*, E) *Selar crumenophthalmus*, F) *Selene brevoortii*, G) *Selene peruviana*, H) *Seriola rivoliana*, I) *Trachinotus kennedyi*.



**Figura 3.** Dendrograma de aspectos morfológicos comparativo de los otolitos de las nueve especies de carángidos.

**Tabla 2.** Características de la morfología de otolitos sagitta de especies de Carangidae recolectadas en la costa central de Ecuador, Pacífico oriental.

Especie	Descripción de otolito	Imagen
<i>Alectis ciliaris</i>	Forma: Redondeada, con un margen dorsal ondulado que presenta cúspides regulares y redondeadas, mientras que el margen ventral exhibe cúspides compactas y pequeñas de aspecto crinado. El surco acústico muestra una heterosulcoidad. El ostium adopta la forma de un embudo. La cauda, tubular y curvada, se ensancha ligeramente hacia su extremo, creando una suave curvatura en la región subterminal. Las crestas en la parte final de la cauda están bien desarrolladas. En la región anterior, la forma es puntiaguda, con un rostro prominente y alargado en punta. Se observa una mella ancha y profunda en esta región. La parte posterior oblicua.	
<i>Carangoides otrynter</i>	Forma: Fusiforme, con bordes dorsal y ventral de contorno irregular, presentando muescas, cúspides y crestas desiguales. El surco, de naturaleza heterosulcoide, se encuentra en posición supramedial. El ostium tiene una configuración semejante a la punta de una flecha y es ligeramente más pequeño que la cauda. La cauda, tubular y casi recta, exhibe crestas bien definidas en su región posterior. En la región anterior, la forma es redondeada, con un rostro y antirrostro poco desarrollados. La parte posterior oblicua.	

<p><i>Chloroscombrus orqueta</i></p>	<p>Forma: Romboidal, con un margen dorsal ondulado y un margen ventral con cúspides compactas y pequeñas. El surco acústico presenta una disposición heterosulcoide y se ubica en posición supramedial. El ostium adopta la forma de un embudo y es de tamaño menor en comparación con la cauda. La cauda, de estructura tubular, posee una curvatura y se ensancha ligeramente hacia la parte final, donde las crestas están bien desarrolladas. En la región anterior, la forma es puntiaguda, con un rostro destacado y puntiagudo, además de un antirrostro pequeño y puntiagudo. Se aprecia una mella ancha, profunda y con una forma específica en esta región. La parte angulada.</p>	
<p><i>Oligoplites saurus</i></p>	<p>Forma: Triangular, con un borde dorsal suave en la parte anterior y ondulado en la parte posterior, mientras que el margen ventral presenta una forma ondulada. El surco acústico, de tipo heterosulcoide, se encuentra en una posición medial. El ostium tiene una forma rectangular y es de tamaño menor que la cauda. La cauda, de estructura tubular, exhibe una ligera curvatura. En la región anterior, la forma es puntiaguda, con un rostro prominente y alargado, y un antirrostro muy pequeño y puntiagudo. Se nota una mella profunda en esta región. En la parte posterior, la forma es puntiaguda.</p>	
<p><i>Selar crumenophthalmus</i></p>	<p>Forma: Romboidal, con un borde dorsal de contorno irregular y un margen ventral que presenta ondulaciones. El surco acústico exhibe una disposición heterosulcoide y se encuentra en posición medial. El ostium adopta la forma de un embudo y es de tamaño menor en comparación con la cauda. La cauda, de estructura tubular, presenta una marcada curvatura en su extremo terminal, con crestas bien desarrolladas en la parte media. En la región anterior, la forma es puntiaguda, con un rostro corto y puntiagudo, y un antirrostro pequeño y ligeramente puntiagudo. Se aprecia una mella pequeña en esta región. La parte posterior muestra una configuración oblicua.</p>	
<p><i>Selene brevoortii</i></p>	<p>Forma: Irregular, con un margen dorsal que presenta ondulaciones y un margen ventral que muestra dientes. El surco acústico tiene una configuración heterosulcoide y se ubica en posición supramedial. El ostium es más pequeño que la cauda. La cauda, de estructura tubular, presenta una curvatura y se ensancha ligeramente hacia la parte final, generando una curvatura en la región subterminal. En la región anterior, la forma es roma, con un rostro prominente en forma redondeada y un antirrostro pequeño y puntiagudo. Se observa una mella ancha y profunda en esta región. Parte posterior recta.</p>	
<p><i>Selene peruviana</i></p>	<p>Forma: irregular, margen dorsal irregular y el ventral dentado. Surco acústico: heterosulcoidal, posición supramedial. Ostium: menor tamaño que la cauda. Cauda: tubular, curvada, se va ensanchando ligeramente hacia la parte terminal, formando una curvatura notable en la zona subterminal. La región posterior de la cauda exhibe un desarrollo adecuado. En la parte anterior, la forma es aguda, con un rostro destacado en una configuración puntiaguda. Se presenta una abertura estrecha y profunda en esta área. En la parte posterior, la forma es de contorno redondeado.</p>	

<p><i>Seriola rivoliana</i></p>	<p>Forma: Fusiforme, con un margen dorsal ondulado y un margen ventral que presenta dientes. El surco acústico muestra una disposición heterosulcoide y se sitúa en posición supramedial. El ostium tiene una forma rectangular y es de tamaño menor que la cauda. La cauda, de estructura tubular, no presenta variaciones significativas en su grosor. Las crestas en la parte subterminal de la cauda están bien desarrolladas. En la región anterior, la forma es aguda, con un rostro largo en una configuración puntiaguda, y un antirrostró pequeño y puntiagudo. La mella tiene la forma de una pequeña bahía o ensenada. La parte angulada.</p>	
<p><i>Trachinotus kennedyi</i></p>	<p>Forma: Alargada, con un margen dorsal de contorno irregular y un margen ventral que presenta cúspides compactas. El surco acústico muestra una disposición heterosulcoide y se encuentra en posición supramedial. El ostium tiene la forma de un embudo y es de mayor tamaño que la cauda. La cauda, de estructura tubular, exhibe una ligera curvatura y se encuentra en una posición subterminal. Las crestas recorren toda la longitud de la cauda. En la región anterior, la forma es roma, con un rostro prominente en forma redonda y un antirrostró pequeño y puntiagudo. Se observa una mella ancha y profunda en esta región. La parte posterior oblicua.</p>	

utilidad en estudios de filogenia y sistemática de peces. Por lo tanto, sería aconsejable considerar el análisis morfológico de estos otolitos.

## 5. Conclusiones

Este hallazgo refuerza la consistencia de los patrones morfométricos similares observados en diferentes ubicaciones geográficas y subraya la importancia de la longitud del otolito como un indicador significativo en la caracterización morfológica de estas especies, sin embargo, más estudios con un intervalo más amplio de tallas son necesarios.

## 6. Referencias

Araya, M., & Cubillos, L. (2002). El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana (Concepción)*, 66(2), 161-179.

Assis, CA (2005). Los otolitos utriculares, lapilli, de teleósteos: su morfología y relevancia para la identificación de especies y estudios sistemáticos. *Scientia Marina*, 69 (2), 259-273.

Avigliano, E. (2014). Los otolitos y su aplicación en la determinación de stocks pesqueros de peces comerciales rioplatenses y de la costa

Atlántica de Sudamérica (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

Baldás, M. I., Pérez Macri, G., Volpedo, A. V., & Echeverría, D. D. (1997). Morfología de la sagitta de peces marinos de la costa bonaerense de la Argentina I: Carangidae, Sciaenidae, Mullidae. *Atlántica*, 19, 99-112.

Barrera García, A. M. (2008). Descripción osteológica para la identificación de peces de la familia Carangidae del Pacífico mexicano. (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México).

Callicó Fortunato, R. G. (2017). Aplicación de los otolitos en el estudio de la interconectividad de stocks pesqueros de mugílidos de zonas costeras de la provincia de Buenos Aires, Argentina y de la costa valenciana, España (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

Campana, S. E. (1999). Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms, and applications. *Marine Ecology Progress Series*, 188, 263-297.

- Chao, L. N. (1978). A Basis for Classifying Western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes) (Vol. 415). Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, USA.
- Chirichigno, N. & Cornejo, M. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú, Callao.
- Correa, A. (1993). Catálogo de otolitos de Carangidae (Osteichthyes -Perciformes) do litoral do estado do Paraná Brasil. *Revista Neritica*, 7(1-2), 119–131.
- Dannevig, E. H. (1956). Chemical composition of the zones in cod otoliths. *ICES Journal of Marine Science*, 21(2), 156-159.
- Dawson, W (1986). La interpretación de las estructuras en otolitos para la estimación de edad y crecimiento de algunos peces pelágicos del Ecuador. Guayaquil, Guayas, Ecuador. INP.
- Dubox, M. D. G., Gironde, S. C., Greco, L. S. L., & Tombari, A. D. (2023). Morfología de los otolitos sagitta, lapillus y asteriscus de *Genidens barbatus* de distribución patagónica. *Marine & Fishery Sciences (MAFIS)*, 36(1), 109-116.
- Duffy, D. C., & Jackson, S. (1986). Diet studies of seabirds: a review of methods. *Colonial waterbirds*, 1-17.
- Froese R., & Pauly D. (eds.). (2023). *Selene peruviana*. FishBase 99: concepts, structure, and source of data. Manila (Philippines): ICLARM. 322 p.
- Fitch, J. E., & Brownell Jr, R. L. (1968). Fish otoliths in cetacean stomachs and their importance in interpreting feeding habits. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 25(12), 2561-2574.
- García, I. (2001). Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. Instituto del Mar del Perú. Callao, Perú.
- Harkonen, T. (1986). Guide to the otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic. Danbiu Aps. Ed. Sweden. 256 pp.
- Jiménez P, Béarez P (2004) Marine fishes of continental Ecuador. Vol. I. SIMBIOE/NAZCA/IFEA, Quito, Ecuador.
- Katsuragawa, M. (1990). Estudo sobre o desenvolvimento, a distribuição e a abundância de larvas de carangídeos da costa sudeste do Brasil. (Doctoral dissertation – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil).
- Khanali, F., Alavi-Yeganeh, M. S., & Nasri, M. (2021). Relationship Between Otolith Measurements Against Length and Weight Body of Four Ponyfish Species. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 37(2), 701-704.
- López, F. L. V. (2014). Relación de la longitud del otolito sagitta versus longitud y peso corporal en especies selectas de mojarra (Perciformes: Gerreidae). (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Baja California Sur México).
- Nelson, J.S. (2006). *Fishes of the world*. 4th Ed. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons. 601 p
- Martínez, P.J.A. (1998). Identificación de especies. Guía ilustrada. 2ª Ed. Esc. Nac. Est. Prof. Iztacala, UNAM, México.
- Martínez, J. A., Arteaga, M. M. C., Musi, J. L. T., & Aranda, A. A. M. (2007). Utilización de otolitos como herramienta en la determinación de especies. *Revista de Zoología*, 18, 13-18.
- Mendoza-Nieto, K., Mila, C., Escofet, S., & Carrera-Fernández, M. (2023). Reproductive cycle and sexual maturity size of landed *Selene peruviana* (Perciformes: Carangidae) on the coasts of the Ecuadorian Pacific. *Ciencias Marinas*. 49. <https://doi.org/10.7773/cm.y2023.3363>
- Leible, M. (1989). El otolito sagitta en el reconocimiento de diferentes especies de teleósteos de la costa central de Chile. *Bol. Soc. Biol. Concepcion Chile*, 60, 161-172.
- Naveda, I. G. G. (2001). Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 20(1-2), 1-83.
- Osman, Y. A., Mahé, K., El-Mahdy, S. M., Mohammad, A. S., & Mehanna, S. (2021). Relationship between fish length and otolith

- morphological characteristics of *Sargocentron spiniferum* (Forsskål, 1775) from the southern Red Sea. *Oceans*.  
<https://doi.org/10.20944/preprints202104.0092.v1>
- Quiñonez-Velázquez, C., Alvarado-Castillo, R., & Félix-Uraga, R. (2002). Relación entre el crecimiento individual y la abundancia de la población de la sardina del Pacífico *Sardinops caeruleus* (Pisces: Clupeidae)(Girard 1856) en Isla de Cedros, Baja California, México. *Revista de Biología marina y Oceanografía*, 37(1), 1-8.
- Ramírez Martín, M. A. (2022). Variación de la forma de los otolitos de la rabirrubia (canané) *Ocyurus chrysurus* del Banco de Campeche (Master's thesis, Tesis (MC)--Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Mérida. Departamento de Recursos del Mar).
- Rocha-Olivares, A., & Gomez-Muñoz, V. M. (1993). Validation of otolith age determination of the Pacific red snapper *Lutjanus peru* (Perciformes: Lutjanidae) in La Paz bay and adjacent waters, BCS, Mexico. *Ciencias Marinas*, 19(3), 321-331.
- Pierce, G. J., & Boyle, P. R. (1991). A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 29, 409-486.
- Santillán Reyes, C., Martínez Pérez, J. A., & Del Moral Flores, L. F. (2011). Description of Sagittae otolith of species of the family Carangidae (Perciformes: Actinopterygii) off the Central coast of Veracruz State, Mexico. *Biocyt biología, ciencia y tecnología*, 4, 265-284.
- Smale, M. J., Watsony, G., & Hecht, T. (1995). Otolith atlas of Southern African marine fishes, monograph 1. Grahamstown (South Africa). *Ichthyol. Monogr.*, 1, 1-253.
- Smith-Vaniz W.F. (1978). Carangidae. En Fisher W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E. & Niem, V.H. (Eds.). *FAO species identification sheets for fisheries purposes. Western Central Atlantic. Vol. 2*, 940-986. FAO, Rome.
- Torno, A. (1976). Descripción y comparación de los otolitos de algunas familias de peces de la plataforma Argentina. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat. Bernardino Rivadavia*, 13(4), 27-44.
- Volpedo, V., & Echeverria, D. (2000). Catálogo y Claves de Otolitos para la identificación de peces del mar Argentino. Editorial DUNKEN. Buenos Aires, Argentina. 88 – 90 pg
- Yáñez-Arancibia, A., & de Yáñez, V. L. (1976). Desarrollo del otolito embrionario, patrón de su crecimiento comparación morfológica con otolitos juveniles y adultos del bage marino *Galeichthys caerulescens* (Günther). *An. Centro Cienc. Mar. Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 4, 115-124.