

Características morfométricas de los otolitos de *Ophichthus remiger* provenientes de la pesquería en la costa ecuatoriana

Morphometric characteristics of otoliths of *Ophichthus remiger* from the fishery on the Ecuadorian coast

Justhine Guerrero Arias^{1*}, René Zambrano² & Esteban Elías³

¹Profesional, Egresado Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanga Marengo, Guayaquil, Ecuador

²Departamento de Ciencias del Mar, Carrera de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raul Gómez Lince S/N y Av. Juan Tanga Marengo, Guayaquil, Guayas 090601, Ecuador

³Proceso de Investigación de Recursos Bioacuáticos y su Ambiente (IRBA), Instituto Nacional de Pesca, Letamendi #102 y la Ría, Guayaquil, Guayas 090308, Ecuador

Recibido 1 de agosto 2018; recibido en forma revisada 26 de agosto 2018, aceptado 3 de octubre 2018
Disponible en línea 20 de diciembre 2018

Resumen

La anguila común (*Ophichthus remiger*) es una especie con valor comercial de la que son limitados los conocimientos sobre sus aspectos biológico-pesqueros, entre ellos las relaciones biométricas. El objetivo de este trabajo fue determinar las características morfométricas de los otolitos y su relación con la talla, así como el peso de la anguila común en Ecuador. Se analizaron datos de tallas de esa especie recolectados por el Instituto Nacional de Pesca en los puertos de desembarque de Manta, Anconcito y Posorja, así como 241 pares de otolitos extraídos en muestras de tales sitios. Las dimensiones (largo y ancho) y el peso de otolito fueron comparadas entre el lado izquierdo y derecho de cada sexo y entre ellos, mediante análisis de varianza de un factor (ANOVA) y multivariado (MANOVA). Se realizaron regresiones lineales entre las dimensiones y pesos del otolito respecto con la longitud total del organismo. No se encontraron diferencias significativas entre los otolitos izquierdo y derecho en cada sexo ($p > 0.05$), pero sí entre ellos ($p < 0.01$). La anguila común presentó un crecimiento isométrico entre la longitud y ancho del otolito con respecto de la talla del organismo mientras que, con el peso la alometría fue negativa; adicionalmente, en esta última relación se encontraron dos agrupaciones de datos. Los otolitos son similares en ambos lados en cada sexo, aquello indica la validez de la elección de uno u otro en análisis de retrocálculo, por esto las diferencias encontradas en las dimensiones de otolito pueden deberse a condiciones genéticas o ambientales. Los dos grupos de datos encontrados en la relación del peso del otolito con la talla del organismo pueden interpretarse como individuos diferenciados por el grado de desarrollo gonadal.

Palabras claves: Alometría, anguila común, relaciones biométricas, retrocálculo.

Abstract

The common eel (*Ophichthus remiger*) is a species of commercial value, of which, the biological-fishing aspects as the biometric relations are poorly known. The aim of this work was to determine the morphometric characteristics of the common eel in Ecuador as the otoliths and the correlation of those with the size and weight. Size data of this species collected by the Instituto Nacional de Pesca were analyzed at the landing ports of Manta, Anconcito and Posorja, and 241 pairs of otoliths were extracted from samples at those sites. The sizes (length and width) and the weight of otoliths were compared between the left and right side of males and females and between those by analysis of variance of a factor (ANOVA) and multivariate (MANOVA). Linear regressions between sizes and weights of otoliths correlated to the total length of organisms were performed. No significant differences were found between left and right side otoliths in each sex ($p > 0.05$); however, differences among males and females ($p < 0.01$) were found. The common eel presented an isometric growth between the length and width of otoliths, those were correlated to the size of the organism, the allometry correlated to weight was negative, and two groups of data were found on the latter. The otoliths are similar on both sides of each sex, that indicates the validity of the choice of one or the other in retrocalculus analysis. The differences found in the sizes of otoliths may be due to genetic or environmental conditions. The two groups of data found in the relationship between otolith' weight and body size can be explained as individual differentiation by the degree of gonadal development.

Keywords: Allometry, biometric relationships, common eel, retro-calculus.

* Correspondencia del autor:
E-mail: eddie_zam89@hotmail.com



Introducción

Las relaciones morfométricas son análisis cuantitativos que comprenden el tamaño y la forma de los organismos, estas son utilizadas principalmente en la determinación de procesos microevolutivos en especies de importancia comercial como la macarela, sardina, anchoveta (Cortes, Oyarzun, & Galleguillos, 1996; George-Nascimento & Arancibia, 1992). En peces se han utilizado diferentes tipos de huesos para establecer relaciones morfométricas; en este sentido, los otolitos son reconocidos como una de las estructuras anatómicas más útiles debido a la forma específica para cada especie (Valle, 2014).

Los otolitos son cuerpos policristalinos localizados en el oído interno de los peces, cuya función es intervenir en la percepción del sonido y del equilibrio (Gauldie, 1993). Presentan una morfología que varía entre especies, por lo que son utilizados en estudios de ecología trófica, ecomorfología, filogenia y biología pesquera (Vanina & Martins, 2015). Una especie sujeta a análisis morfométricos es la anguila común *Ophichthus remiger* (Valenciennes, 1837), esta es un recurso pesquero en la costa continental ecuatoriana. La anguila común pertenece a la familia Ophichthidae, comprende alrededor de 53 géneros y 250 especies de peces moderadamente grandes (Chicaiza, 2013). Los estudios realizados señalan que la anguila común es una especie con interés comercial, siendo los países asiáticos el principal mercado. En Ecuador, el Instituto Nacional de Pesca (INP) implementó un programa de seguimiento a esta pesquería referente a las zonas de pesca, desembarques y muestreo biológico, para determinar el desarrollo gonadal y la proporción sexual, con la finalidad de conocer los principales aspectos biológicos-pesqueros de la captura industrial de la anguila común (Chicaiza, 2013).

Entre los estudios realizados en la anguila común está el de Goicochea, Mostacero y Moquillaza (2012) en Perú, que muestra la edad según los anillos de crecimiento de los otolitos. Ellos demuestran que la periodicidad de formación de anillos es anual, con un pico máximo en julio. Por su parte, Vera (2004) relacionó la longitud de peso determinando que no existen diferencias significativas entre las regresiones (orígenes y pendientes) para ambos sexos; además, se observaron dos tipos básicos de otolitos, uno con núcleo hialino y otro con núcleo opaco.

En otras especies de anguilas se ha reportado que la relación longitud - peso indica un crecimiento isométrico como lo menciona Pathak, Zahid, & Serajuddin (2013) en estudios realizados en la anguila espinosa (*Macrognathus pancalus*) en las cuencas del río Ganges y Brahmaputra, India. En comparación con lo reportado, Rahman, Hossain, Hossain, Ahamed & Ohtomi (2012) indicaron un crecimiento alométrico negativo entre sexos de la anguila (*Macrognathus aculeatus*) en el río Ganges, al noroeste de Bangladesh. Para el caso de la anguila común, las relaciones morfométricas entre los otolitos y la talla de los individuos no han sido abordados. Por lo tanto,

el objetivo del presente trabajo es determinar las características morfométricas de los otolitos relacionarlos con la talla y peso de la anguila común en Ecuador. Con ello se pretende crear una línea base que pueda servir para estudios de retrocálculo y/o de ecología trófica.

Metodología

Se analizaron los datos provenientes de la base de datos del proyecto “Valoración y proyección de los recursos pesqueros acuícolas para el fortalecimiento económico y social del sector pesquero ecuatoriano 2013-2018” de la componente anguila común (*Ophichthus remiger*), correspondiente a la investigación del Instituto Nacional de Pesca (INP), patrocinada por la Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT). La información presentó datos de tallas (longitud total) y sus otolitos asociados, estos fueron recolectados durante los años 2013 y 2014 en los puertos de desembarque de Manta, Anconcito y Posorja (figura 1).

Los otolitos fueron analizados registrando dos de sus dimensiones. *i*) la longitud total (L_o), que comprende desde la distancia entre el margen anterior y posterior; *ii*) el ancho total (A_o), que corresponde a la distancia entre el margen superior y el inferior.

Las mediciones de los otolitos se desarrollaron utilizando el estereoscopio Leica M 125 que incorpora una cámara digital Leica DMC2900 y el analizador de imagen LAS versión 4.4 (Figura 2). El peso del otolito fue obtenido mediante una balanza analítica de 0.0001 gr de precisión.

El índice de esfericidad del otolito se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por Volpedo y Echeverría (2003), la cual relaciona el ancho y el largo del otolito para determinar si su forma es circular o elongada con base en la siguiente ecuación:

$$E = \left(\frac{A_o}{L_o} \right) \times 100$$

E : índice de esfericidad; A_o : ancho del otolito (mm); L_o : largo del otolito (mm).

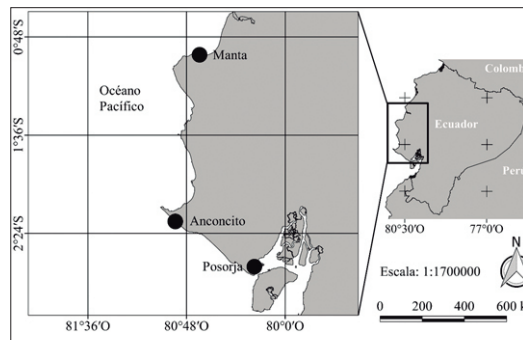


Figura 1. Puntos de desembarque y de recolección de muestras de la anguila común (*Ophichthus remiger*) en la costa continental ecuatoriana.

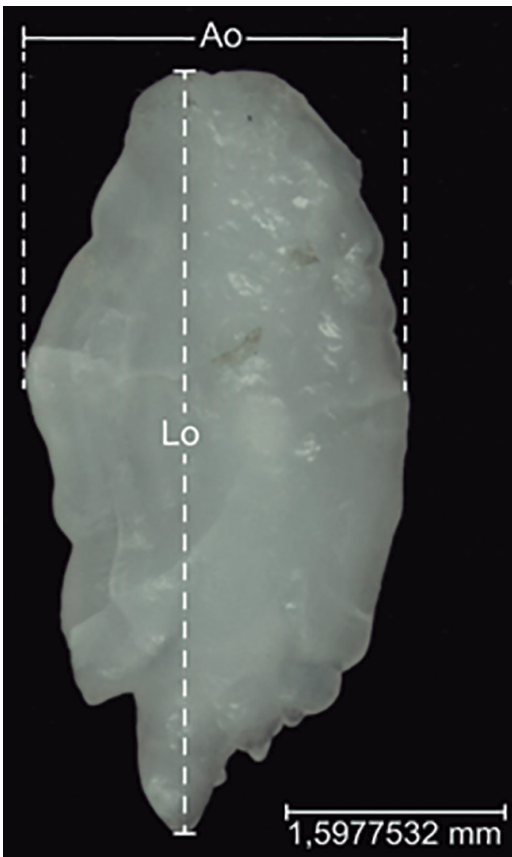


Figura 2. Otolito izquierdo de anguila común (*Ophichthus remiger*) proveniente del muestreo biológico realizado en la costa continental ecuatoriana.

Las dimensiones (Ao , Lo) y pesos (Po) de los otolitos entre el izquierdo y derecho, así como, entre sexos, fueron comparados mediante un análisis de varianza multivariado (MANOVA, por sus siglas en inglés) según los estadísticos de Wilks, Pillai, Lawley-Hotelling, Roy (Leguá, Plaza, Pérez, & Arkhipkin, 2013). El MANOVA se realizó utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2011). Debido a que en hembras existió mayor cantidad de información, previo a las comparaciones de las dimensiones y pesos de los otolitos, se realizó un balance de datos mediante el método *bootstrap* sin reemplazo, utilizando el programa Stata/MP versión 14.0. El número de datos de hembras se redujo para balancear las muestras según la cantidad de datos de los machos.

Las relaciones morfométricas entre las dimensiones y pesos de los otolitos con respecto a la longitud total del organismo se realizó mediante regresiones lineales. Previo a ese análisis, los datos fueron transformados a su logaritmo natural para reducir su dispersión.

Resultados

Un total de 241 pares de otolitos fueron analizados. El 30% correspondió a machos y el 71% a hembras. Las tallas promedio y la dispersión de los datos fueron similares entre sexos (Tabla 1).

Los valores del índice de esfericidad obtenidos fueron 0,9890 para machos y 0,6496 para hembras. La esfericidad no mostró diferencias significativas entre los otolitos izquierdo y derecho en cada sexo y entre ellos. Las dimensiones del otolito únicamente mostraron diferencias significativas entre machos y hembras (Tabla 2).

Las dimensiones y pesos de los otolitos indicaron alta correlación con la longitud total de los individuos. Se encontró un crecimiento isométrico de las dimensiones del otolito respecto con la longitud total, mientras que, con el peso se observó una alometría negativa (Tabla 3).

Las regresiones lineales mostraron una tendencia positiva en cuanto a la longitud y ancho del otolito con longitud total de la especie. Los pesos del otolito y la longitud de la especie señalaron una dispersión de los datos en el que se puede interpretar como dos grupos de datos (figura 3).

Tabla 1. Valores de la longitud total máxima (L_{max}), mínima (L_{min}) y media (L_{med}), desviación estándar (DE) y número de individuos (n) registrados para machos y hembras de la anguila común (*Ophichthus remiger*) en la costa continental ecuatoriana.

	L_{max}	L_{min}	L_{med}	DE	n
Macho	25,5	115,58	61,7	21,4	69
Hembra	23,5	138,50	77,0	25,9	172

Tabla 2. Valores de probabilidad (p) estimados para el índice de esfericidad, las dimensiones (Lo = longitud, Ao = ancho) y peso (Po) del otolito para machos, hembras y entre sexos estimados para la anguila común (*Ophichthus remiger*), en la costa continental ecuatoriana.

	Índice de esfericidad	$Lo/Ao/Po$
Macho (izquierdo/derecho)	$p = 0,6427$	$p < 0,989$
Hembra (izquierdo/derecho)	$p = 0,2931$	$p < 0,6496$
Ambos sexos	$p = 0,2534$	$p < 0,0001$

Tabla 3. Valores de los parámetros de la ecuación de regresión, para las relaciones de la longitud total del organismo (Lt) vs longitud total del otolito (Lo), su ancho (Ao) y peso (Po); a, intercepto; b, pendiente; r², coeficiente de determinación.

	Machos			Hembras		
	a	b	r ²	a	b	r ²
Ln Lo vs Ln Lt	2,48	1,09	0,7472	2,67	1,01	0,7343
Ln Ao vs Ln Lt	3,21	1,00	0,6853	3,27	0,99	0,7335
Ln Po vs Ln Lt	4,79	0,13	0,2920	4,91	0,14	0,0001

Discusión

El índice de esfericidad no mostró diferencias significativas entre los otolitos izquierdos y derechos de cada sexo. Aquello indica que se puede utilizar indistintamente el otolito de cualquier lado en análisis de retrocálculo, cuando solo se dispone de una de estas estructuras (Short, Christopher Gburski, & Kimura, 2006). Por otra parte, Volpedo y Echeverría (2003) mencionan que, el índice de esfericidad puede usarse para discriminar entre los peces bentónicos y los pelágicos. Para la anguila, el índice de esfericidad denotó que es una especie bentónica. Los otolitos de los peces bentónicos son de forma poligonal o redondeada, bordes regulares, cara externa con áreas triangulares, mientras que, los peces pelágicos presentan otolitos con forma oblonga o alargada, bordes irregulares y cara externa con estrías (Menni & Gosztonyi, 1982; Volpedo & Echeverría, 2000).

Existieron diferencias significativas entre las dimensiones del otolito entre machos y hembras. Aquello puede estar relacionado con condiciones genéticas que regulan la forma del otolito o condiciones ambientales, como la temperatura, que en aguas saturadas de carbonato regulan la cantidad

de material depositado durante la formación del otolito (Lombarte & Lleart, 1993).

Las dimensiones y pesos de los otolitos mostraron altos valores de determinación respecto con la longitud del organismo. Además, se encontró una tendencia lineal positiva que demuestra un crecimiento isométrico entre los otolitos y la longitud total de la anguila. Jawad, Ambuali, Al-Mamry y Al-Busaidi (2014) reportan que conforme aumenta la talla del organismo se incrementa proporcionalmente el tamaño de los otolitos según factores externos (e.g. condiciones ambientales). En el caso del peso del otolito, se observó una alometría negativa, esto significa que a medida que aumenta el tamaño del pez disminuye el depósito de proteínas y carbonato de calcio en el otolito (Santana, Espino, Gallardo, & Garcia, 2008).

Los dos grupos de datos encontrados en la relación de las dimensiones del otolito con la talla del organismo se pueden asumir como individuos diferenciados por el grado de desarrollo gonadal; esto podría sugerir la presencia de organismos con maduración gonadal avanzada y desovados o inmaduros, según la condición reproductiva de la especie. Aquello se basa en que la anguila común posee desoves parciales, con pulsos de incremento y disminución del índice gonadosomático

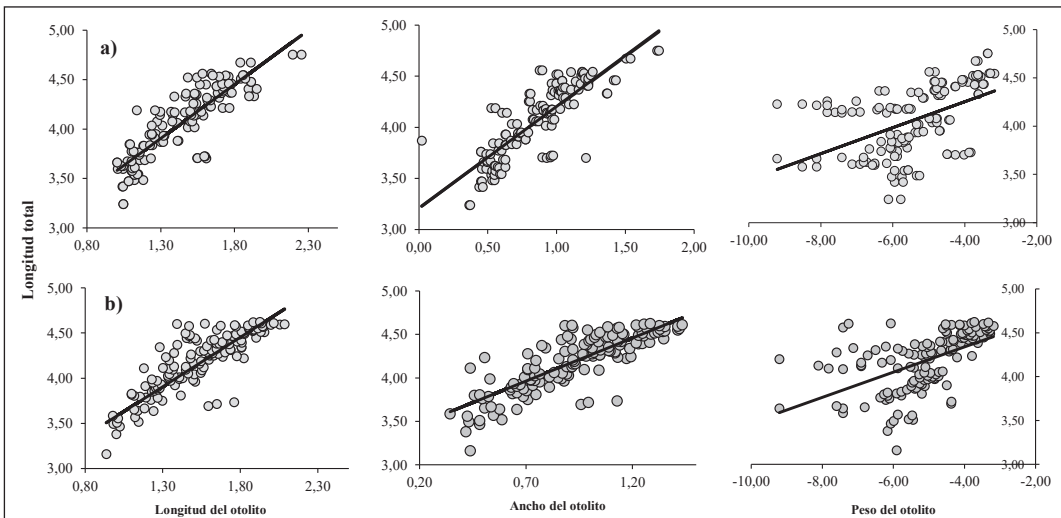


Figura 3. Regresiones lineales ajustadas a las dimensiones y peso del otolito versus la longitud total de machos (a) y hembras (b) de la anguila común (*Ophichthus remiger*), recolectados en la costa continental ecuatoriana. Valores correspondientes a logaritmos naturales.

de forma intra-anual (Chicaiza, 2016). Debido a la escasa información y al tamaño de muestras utilizadas en este estudio, la relación entre el peso del otolito y la talla debe tomarse con cautela.

Los datos presentaron una mayor proporción de hembras, lo cual influye en la connotación de los resultados presentados. Esto ha sido denotado también en el trabajo de Vera (2004) donde se encontró mayor proporción de hembras en sus muestras. Prospectivamente se debe balancear mejor el tamaño muestral por sexos, para que las comparaciones entre ellos sean más robustas.

Conclusiones

Los otolitos izquierdos y derechos son similares en cada sexo, esto refleja que la elección de uno u otro es indiferente.

Las dimensiones de los otolitos únicamente presentaron diferencias entre sexos, lo que sería resultado de condiciones genéticas o ambientales. Las dimensiones del otolito con respecto a la longitud total presentaron un crecimiento isométrico, lo cual puede estar relacionados con las condiciones ambientales.

Las regresiones lineales entre la longitud y ancho del otolito con respecto a la talla del organismo presentaron una tendencia positiva, esto indica que, conforme aumenta la talla del organismo se incrementa proporcionalmente el tamaño de los otolitos.

Los pesos del otolito y la longitud total de la especie mostraron una alometría negativa y se observaron dos grupos de datos, estos pueden estar condicionados por factores reproductivos como la diferencia en el grado de desarrollo gonadal.

Referencias

Chicaiza, D. (2013). Pesca industrial de anguila común (*Ophichthus remiger*) en el golfo de Guayaquil-Ecuador: Análisis de algunos indicadores biológicos y pesqueros durante el seguimiento a la pesca piloto 2012. Instituto Nacional de Pesca. Informe Técnico.

Chicaiza, D. (2016). Indicadores biológicos reproductivos de la anguila común (*Ophichthus remiger*) y sus implicaciones en el manejo de la pesca industrial en el Golfo de Guayaquil. Instituto Nacional de Pesca. Informe Técnico. 1-35.

Cortes, N., Oyarzun, C., & Galleguillos, R. (1996). Diferenciación poblacional en sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936). II: Análisis multivariado de la morfometría y merística. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 31(2), 91-105.

Cubillos, L. (2005). Biología pesquera & evaluación de stock. *Laboratorio Evaluación de Poblaciones Marinas & Análisis de Pesquerías, Departamento de Oceanografía*, 198 pp.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Retrieved from <http://www.infostat.com.ar/>

Gauldie, R. W. (1993). Polymorphic crystalline structure of

fish otoliths. *Journal of Morphology*, 218(1), 1-28.

George-Nascimento, M., & Arancibia, H. (1992). Stocks ecológicos del jurel (*Trachurus symmetricus murphy* Nichols) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. *Revista Chilena de Historia Natural*, 65, 453-470.

Goicochea, C., Mostacero, J., & Moquillaza, P. (2012). Edad y crecimiento de *Ophichthus remiger* (Valenciennes) en el norte del mar peruano, 2004. Informe Instituto del Mar del Perú, 39(1-2), 9-17.

Jawad, L. A., Ambuali, A., Al-Mamry, J. M., & Al-Busaidi, H. K. (2014). Relationships between fish length and otolith length, width and weight of the Indian Mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1817) collected from the sea of Man, 69(2), 51-61.

Leguá, J., Plaza, G., Pérez, D., & Arkhipkin, A. (2013). Otolith shape analysis as a tool for identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. *J. Aquat. Res.*, 41(3), 479-489.

Lombarte, A., & Lleonart, J. (1993). Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*, 37(3), 297-306.

Menni, R., & Gosztonyi, A. (1982). Benthic and Semidemersal Fish associations in the Argentine Sea, 17(1), 1-29.

Pathak, B., Zahid, M., & Serajuddin, M. (2013). Length-Weight, Length-Length Relationship of the Spiny Eel, *Macrogathus pancalus* (Hamilton 1822) sampled from Ganges and Brahmaputra river basins. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(1), 170-182.

Paxton, J. R. (2000). Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic group, habitat and/or luminescence? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 355(1401), 1299-1303.

Popper, A., & Fay, R. (1993). Sound detection and processing by fish: Critical review and major research questions. *Brain Behav Evol*, 41, 14-38.

Rahman, M., Hossain, Y., Hossain, A., Ahamed, F., & Ohtomi, J. (2012). Sex Ratio, Length-Frequency Distributions and Morphometric Relationships of Length-Weight and Length-Weight for Spiny Eel, *Macrogathus aculeatus* in the Ganges River, NW Bangladesh, 7(4), 338-346.

Santana, H., Espino, E., Gallardo, M., & Garcia, A. (2008). Morphologic and Morphometric Analysis and Growth Rings Identification of Identification of otoliths: sagitta, asteriscus and lapillus of Yellowfish tuna *Thunnus albacares* (Bonaterre, 1788) (Pisces: Scombridae) in the Eastern Pacific. *International Journal of Zoological Research*, 4(3), 138-151.

Secor, D. H., & Dean, J. M. (1992). Comparison of otolith based back calculation methods to determine individual growth histories larval striped bass, *Morone saxatilis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49, 1439-1454.

Short, J., Christopher Gburski, & Kimura, D. (2006). Using otolith morphometrics to separate small walleye pollock *Theragra chalcogramma* from Arctic cod *Boreogadus* saida in mixed samples. *Alaska Fishery Research Bulletin*, 12(1), 147-152.

Valle, F. (2014). Relación de la longitud del otolito sagitta versus longitud y peso corporal en especies selectas de mojarra (Perciformes: Gerreidae). Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Vanina, A., & Martins, A. (2015). Métodos de estudios con otolitos: principios y aplicaciones. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Vera, M. (2004). Distribución espacial y aspectos biológico-pesqueros de *Ophichthus remiger* "anguila común" en el litoral del departamento de Lambayeque (Mayo 2002 - Julio 2003). Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo."

Volpedo, A., & Echeverría, D. (2000). Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino.

Peces de importancia comercial. Editorial Dunken.
Volpedo, A., & Echeverría, D. (2003). Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentine. *Fisheries Research*, 60(2-3), 551-560