

Estudio para evaluar el uso de anillos anuales de otolitos para estimar la edad de Merluza (*Merluccius gayi*) capturadas en pesquerías Ecuatorianas

Andrea Pardo^{a1}, André Dos Santos^a, Enrique Laaz^b, Mercy Preciado^b, Evelyn Ramos^b, Richard Panchana^b, Luis Domínguez^{cd}, José Marín Jarrín^{ace}

^aEscuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias de la Vida, Campus Gustavo Galindo kilómetro 30.5 Vía Perimetral, PO Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
andrapardo1993@gmail.com, anridos@espol.edu.ec

^bInstituto Nacional de Pesca, Componente Merluza, Letamendi 102 y La Ría, Guayaquil, Ecuador
elaaz@institutopesca.gob.ec, mpreciado@institutopesca.gob.ec, eramos@institutopesca.gob.ec,
rpanchana@institutopesca.gob.ec

^cESPOL, Centro del Agua y Desarrollo Sustentable, Campus Gustavo Galindo kilómetro 30.5 Vía Perimetral, PO Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
ldomingu@espol.edu.ec

^dESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Campus Gustavo Galindo kilómetro 30.5, Vía Perimetral, PO Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

^eEstación Científica Charles Darwin, Departamento de Ciencias Marinas, Puerto Ayora, Isla Santa Cruz, Galápagos, Ecuador
jose.marin@fcdarwin.org.ec

Resumen. En Ecuador y Perú la merluza es de gran importancia ecológica y pesquera. Antecedentes de sobreexplotación y cierre de la pesquería en Perú han sugerido la necesidad de un manejo del recurso basado en características ecológicas de la población, como la edad. Para esto se evaluó el uso de anillos anuales de otolitos para estimar la edad de merluza. Los otolitos son huesos del oído medio encontrados en el cráneo de los peces óseos. Para evaluar el uso de anillos anuales, se compararon las edades estimadas de los otolitos por dos lectores, con datos obtenidos de la literatura y lecturas de anillos diarios. Se utilizaron 675 otolitos de merluzas hembras y machos para el análisis de anillos anuales y seis otolitos de un año de edad para el análisis de anillos diarios colectados por pescadores artesanales e industriales en ocho puertos ecuatorianos. Para determinar el periodo en el cual se forman los anillos anuales, se realizó un análisis de márgenes, este consistió en medir la distancia desde el último anillo anual hasta el borde del otolito. Los dos lectores estuvieron de acuerdo en 39,85% de las edades estimadas con anillos anuales. En los otolitos en los cuales ambos lectores estuvieron de acuerdo, la edad de hembras y machos fue de 3 y 2 años en promedio. Se encontró que las edades estimadas en el presente trabajo estuvieron en concordancia con estudios anteriores cuando se los separó por sexo y por edad, con la excepción de los machos de 1 año. La edad promedio de las seis merluzas, analizadas mediante anillos diarios, fue de 541 ± 76 días ($\pm D.E.$). El análisis de márgenes sugiere que los peces colocan anillos anuales entre los meses de mayo y octubre, que en Ecuador coincide con la época seca potencialmente debido a la disminución de la temperatura del agua durante este periodo. Este estudio sugiere que el uso de anillos anuales, a pesar de ser poco preciso, permitiría estimar la edad de la población de Merluza capturada en aguas Ecuatorianas posiblemente porque

el cambio de temperatura durante la época seca permite la formación de estas marcas permanentes.

Palabras Clave: Merluza peruana, otolitos, anillos anuales, anillos diarios, márgenes.

1 Introducción

La merluza (*Merluccius gayi*) es una de 12 especies de la familia Merlucciidae, de las cuales al menos siete son de importancia pesquera. La distribución geográfica de esta especie corresponde desde la zona norte de Perú hasta el norte de Ecuador [1] y habita en la zona demersal (cercano pero no en el fondo del mar) mayoritariamente en aguas de 100 a 500 m de profundidad [2], [3], [4], [5]. Debido a su abundancia y aceptación para el consumo humano en el Perú [6], ha sido el principal recurso demersal explotado en la pesquería peruana. En años recientes, la sobreexplotación de merluza en Perú afectó el stock de esta subespecie, produciendo el cierre de la pesquería en el 2003. Con la reapertura de la pesquería al año siguiente, se establecieron cuotas de pesca que para el 2015 llegaban hasta las 50,000 toneladas [7]. En Ecuador, la pesquería de este recurso es realizada por pescadores artesanales e industriales. Esta pesquería es relativamente nueva (la industrial desde Abril 2013) pero al presente es considerada la más importante entre las especies demersales. Muestra de esto es que la captura y exportación de esta especie incrementó en un 98% durante el 2009 al 2013 a ~20,000 toneladas [2], [8]. Estos antecedentes sugieren la necesidad de un manejo del recurso en el Ecuador basado en información sobre su biología. Al momento, el recurso es manejado con una veda de capturas industriales durante Abril y Septiembre, que es cuando se asume la población se encuentra en los valores más altos de actividad reproductiva, cuota de captura para la flota industrial y tiempo de calado [2]. Sin embargo, características ecológicas de la población, como la edad de los peces capturados en aguas ecuatorianas, son al presente desconocidos.

En peces óseos, la edad puede ser estimada mediante el análisis de estructuras duras como huesos del oído medio u otolitos. Estas estructuras calcáreas son encontradas en el interior del cráneo, adyacente al neurocráneo del pez. Los otolitos están vinculados con funciones de audición, balance y equilibrio [9], [10]. Se pueden encontrar tres pares de otolitos, sagita, asterisco y lapilus. La sagita es el otolito de mayor tamaño y es el que a menudo se utiliza para estimar la edad de peces. Así como los anillos en el tronco de los árboles, en los otolitos se aprecian anillos de crecimiento anual y diario, por medio de los cuales se puede estimar la edad. En el caso de los anillos anuales, estos comprenden una región opaca y una hialina, las cuales son puestas durante épocas con diferentes tasas de crecimiento. En un estudio anterior en el cual se analizaron otolitos de merluza capturadas en Perú se encontró que la zona hialina es puesta (es decir el anillo anual es completado) en Septiembre [6]. En Ecuador, donde las diferentes condiciones oceanográficas podrían influenciar la época en la cual los peces ponen ambas zonas, solo se ha realizado un estudio inicial donde se asumen resultados similares a Perú [11].

En aguas tropicales es recomendable realizar una evaluación de la presencia de anillos anuales porque los cambios ambientales entre temporadas son pequeños y por lo tanto la tasa de crecimiento en peces tropicales puede no variar tanto como en los de zonas templadas [12]. Estudios anteriores han sugerido que debe haber un cambio de 4 - 5°C en la temperatura del agua para que los peces pongan un anillo anual [12], [13], lo que puede no suceder en los trópicos. En Ecuador la temperatura promedio del agua superficial durante la época seca, que se extiende de mayo a diciembre, es de 20°C y en época lluviosa, entre los meses de enero a abril, es 26°C [14]. Estos cambios de temporadas son producidos por la mayor influencia durante diferentes épocas del año de la corriente fría de Humboldt, la corriente de Panamá y los desplazamientos de la convergencia tropical, los cuales inciden sobre las condiciones climáticas en la costa del Ecuador [15], [16], [17]. Por lo tanto, los cambios de temperatura del agua entre la época seca y húmeda podrían ser suficiente para que los peces pongan un anillo anualmente. Adicionalmente, la merluza puede presentar anillos que no son anuales o falsos, lo que ha llevado a errores en la estimación de edades [6], [11]. Estos anillos anuales falsos pueden representar un cambio de hábitat o anillo demersal, semestral o de desove [6], [18], [19], [11]. Por lo tanto es necesaria la evaluación del uso de otolitos debido a la posibilidad de que la merluza capturada en aguas ecuatorianas no presente anillos anuales o presente anillos anuales falsos.

En base a la necesidad de información biológica sobre la merluza en nuestro país, en este proyecto se estudió la reproductibilidad y precisión del uso de anillos anuales de otolitos para estimar la edad de este pez. Para esta evaluación se comparó la edad estimada por dos lectores, la longitud de los peces de cada edad con valores observados en la literatura, se usó la edad estimada de anillos diarios y se realizó un análisis de márgenes (medición del ancho desde último anillo anual hasta borde del otolito) para determinar en qué época del año los peces ponen los anillos anuales. Estos análisis además proveerán información sobre la historia de vida de la población de merluza capturada en aguas ecuatorianas necesaria para su manejo pesquero.

2 Metodología

2.1 Análisis de Anillos Anuales y Comparacion entre Lectores

Para evaluar la estimación de edad mediante la lectura de anillos anuales, se utilizaron 675 otolitos de merluza. Estos peces fueron colectados y procesados por personal del Instituto Nacional de Pesca del Ecuador (INP, www.institutopesca.gob.ec) de las capturas de pescadores artesanales e industriales en ocho puertos a lo largo de la costa Ecuatoriana (Fig. 1). Los otolitos se extrajeron de individuos de ambos sexos y de todos los meses durante el 2014 (Tabla 1). Además de la extracción de otolitos, se midió la longitud total de los peces (cm).

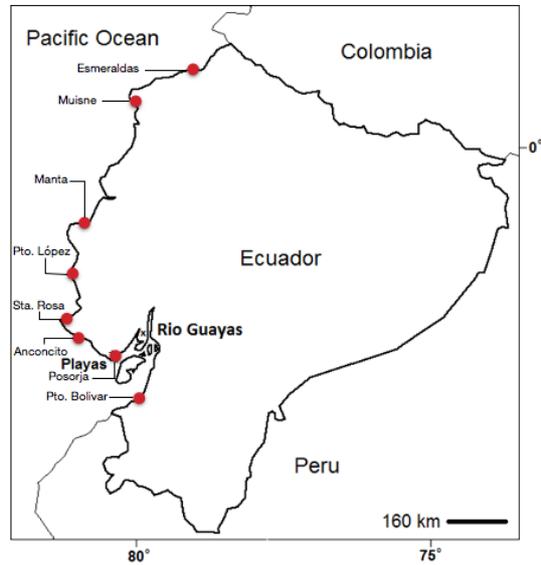


Fig. 1. Puertos pesqueros ecuatorianos donde se capturaron los ejemplares de *Merluccius gayi* para la extracción de otolitos durante 2014.

Tabla 1. Número de otolitos utilizados para determinar la edad de *Merluccius gayi* mediante el uso de anillos anuales. Se describe sexo y pesquería de la cual provinieron los otolitos. Todos los otolitos fueron colectados durante el año 2014.

MESES	PESQUERÍA ARTESANAL		PESQUERÍA INDUSTRIAL		TOTAL
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	
Enero			30	30	60
Febrero	14	16	15	14	59
Marzo	14	16	13	17	60
Abril	30	18			48
Mayo	15	15	15	15	60
Junio	18	12	9	20	59
Julio	17	13	15	15	60
Agosto			13	17	30
Septiembre	30	31			61
Octubre			15	15	30
Noviembre	30	30	14	15	89
Diciembre	29	30			59
TOTAL	198	181	139	160	675

Debido a que no se han observado diferencias significativas entre el otolito izquierdo y derecho [11], para este análisis se utilizaron solo los otolitos izquierdos cuando estaban disponibles. Los otolitos fueron fotografiados utilizando una cámara INFINITY 1 adaptada a un estéreo-microscopio y el programa INFINITY ANALYZE (Lumenera® Corporation). Se aplicó la metodología de lectura directa empleada por Aguayo y Ojeda [18] en merluza para realizar el conteo de anillos anuales. Previo a la toma de fotografías, los otolitos fueron hidratados en agua y luego se les aplicó tres gotas de aceite de inmersión. Para determinar la reproductibilidad del método, las estimaciones de las edades fueron realizadas por dos lectores y luego comparadas para determinar el porcentaje en que ambos lectores estuvieron de acuerdo, y calcular el coeficiente de variación (CV, Chang 1982).

2.2 Evaluación con Datos de Literatura

Se evaluó la estimación de edades utilizando anillos anuales mediante la comparación de la edad y longitud de los peces obtenidos en el presente estudio y en Goicochea et al. (2010)[19], en donde se utilizaron anillos diarios para estimar la edad de la merluza. Goicochea *et al.* [19] usaron datos provenientes de muestras tomadas en verano (Diciembre-Marzo) de 1987 y otoño (Marzo-Junio) del 2008. Esta evaluación se llevó a cabo comparando las longitudes de las merluzas hembras y machos de 1 y 2 años de manera separada aplicando el análisis no-paramétrico Kruskal-Wallis usando el software R. No se realizó la comparación de longitudes de animales mayores a 2 años de edad debido a la falta de datos en Goicochea *et al.* (2010)[19].

2.3 Evaluación con Anillos Diarios

Se utilizó la estimación de la edad mediante la lectura de anillos diarios como un segundo método de evaluación de las lecturas de anillos anuales. La estimación con anillos diarios se realizó usando los otolitos de seis individuos de un año, cuyas edades fueron estimadas mediante anillos anuales y en los cuales los dos lectores estuvieron de acuerdo. Se procedió a pulir los otolitos del lado interno, es decir del lado del surco (Fig. 2), utilizando papel de pulir común y de diamantes de 1, 6, 15 y 30 micras. Se pulieron los otolitos hasta que el surco había desaparecido y luego fueron fijados en placas portaobjetos. Utilizando la cámara INFINITY 2, un microscopio marca ZEISS y el programa INFINITY ANALYZE se fotografiaron los otolitos mientras se continuaba con el proceso de pulido, realizando un seguimiento en el microscopio a 10X para evitar pérdida de anillos. Se pulió hasta visualizar el núcleo (Fig. 3). El conteo de anillos diarios fue realizado por un lector (Fig. 4).

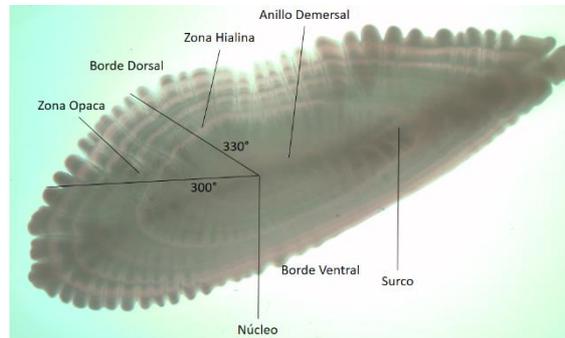


Fig. 2. Fotografía de otolito de merluza *Merluccius gayi* con sus respectivas partes señaladas. Se muestra el surco y cuadrante establecido entre los 300 y 330 grados del otolito para el respectivo análisis de márgenes.

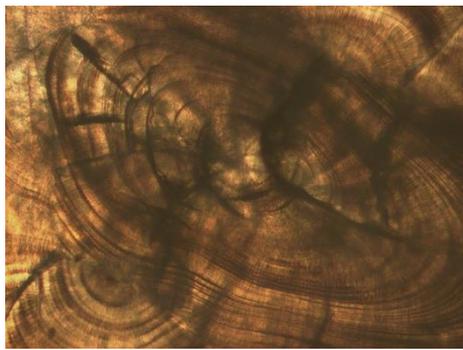


Fig. 3. Fotografía de núcleo de otolito de merluza *Merluccius gayi* con anillos diarios a su alrededor.

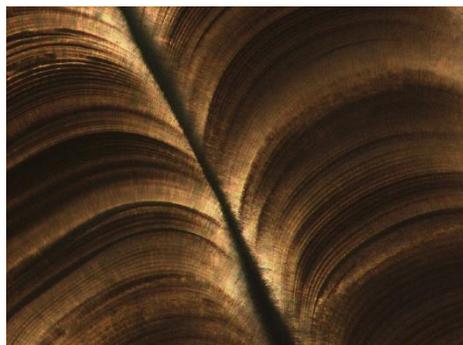


Fig. 4. Fotografía de una sección de otolito de merluza *Merluccius gayi*. Se muestran anillos diarios.

2.4 Evaluación con análisis de márgenes

Para determinar cuando se ponen los anillos anuales, es decir el pez coloca la zona hialina, se analizaron el ancho de los márgenes utilizando los otolitos cuya edad estimada por los dos lectores fue de un año. En este análisis se agruparon machos y hembras ya que un análisis previo encontró que no había diferencias en longitud total entre los dos géneros durante el primer año de edad (t-test, $n = 124$, $T = -0.25$, $P = 0.81$). Se realizaron las mediciones desde el último anillo marcado hasta el borde del otolito utilizando el programa ImageJ (<http://imagej.nih.gov/ij/index.html>). Para estandarizar el análisis se escogió el cuadrante postero dorsal de los otolitos entre los 300 y 330 grados. Se analizaron los datos mediante análisis de distribución de frecuencias buscando las épocas del año en el cual se observaron los márgenes más finos (es decir márgenes que recién se empiezan a poner inmediatamente después de la zona hialina) y los márgenes más anchos (es decir márgenes que ocurrieron justo antes de ponerse la zona hialina).

3 Resultados

3.1 Edad con anillos anuales

De los 675 otolitos analizados, los dos lectores estuvieron de acuerdo en 39,85% con una variación de $11,79 \pm 0,25\%$ (C.V. \pm D.E.) entre lecturas directas sin que hubieran gran diferencias en los resultados entre pesquerías y sexos (Tabla 2). Para otolitos de hembras artesanales e industriales estuvieron de acuerdo en 42,35% (C.V. = $19,17 \pm 0,54\%$) y 39,13% ($26,01 \pm 0,53\%$) respectivamente, mientras que para otolitos de machos artesanales el acuerdo fue del 34,25% ($26,68 \pm 0,53\%$) y del 43,67% ($23,57 \pm 0,43\%$) para machos industriales. La mayoría de los otolitos en los que los dos lectores no estuvieron de acuerdo tenían más de dos anillos (60,15%). En promedio las edades que se obtuvieron del total de otolitos analizados y de los otolitos en los que ambos lectores estuvieron de acuerdo fueron de 3 años (rango: 1-5 años) en hembras artesanales e industriales, y de 2 años (1-4 años) para machos artesanales e industriales (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio de edades estimadas por dos lectores, clasificadas por pesquería y sexo.

Pesquería	Sexo	Edad Promedio Otolitos Analizados (Años)	DesvEst	Edad Promedio Otolidos Acuerdo (Años)
Artesanal	Hembra	3,1	0,5	3,0
Industrial		2,0	0,5	3,0
Artesanal	Macho	2,1	0,5	2,5
Industrial		1,6	0,4	2,0

3.2 Evaluación con Datos de Literatura

En el presente estudio, las longitudes promedio obtenidas para hembras de las pesquerías artesanal e industrial, de edades de 1 a 5 años, estuvieron entre los 37 a 58 cm y los 32 a 68 cm respectivamente. En machos, las longitudes estuvieron entre los 37 a 48 cm para machos artesanales de 1 a 4 años, y para industriales de 1 a 3 años fueron desde los 30 a 32 cm. Cuando se compararon las longitudes de peces de la misma edad del presente estudio (ambos lectores de acuerdo) y Goicochea et al. (2010) [19], se encontró que los valores de las hembras de 1 año, y hembras y machos de 2 años fueron similares ($p > 0.05$) pero los de machos de 1 año fueron diferentes (Kruskal-Wallis, $X^2 = 8.74$, $p = 0.003$, Fig. 5).

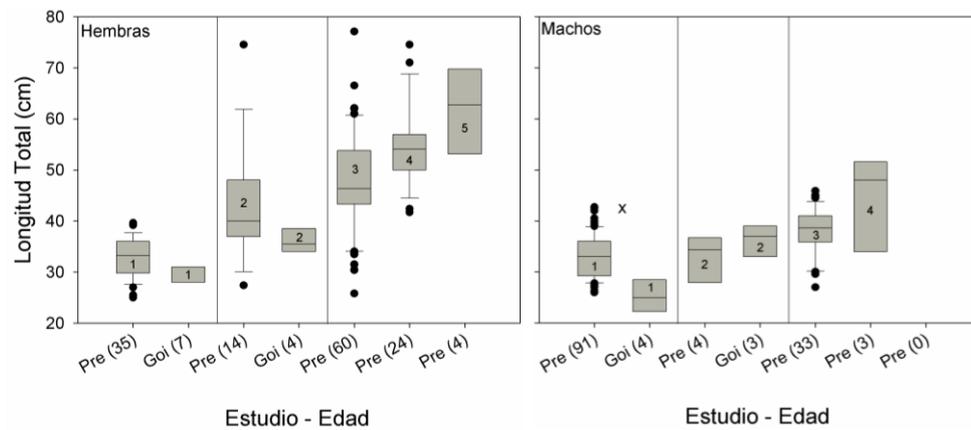


Fig. 5. Longitudes totales de merluza *Merluccius gayi* hembra y macho por edades estimados en el estudio presente (Pre) y Goicochea et al. (2010)[19] (Goi). Numero dentro de las cajas representan las edades de los peces, y número a lado de Pre y Goi representan número de muestras. x = diferencias estadísticas entre datos del presente estudio y Goicochea et al. (2010)[19].

3.3 Evaluación con anillos diarios

La edad promedio de las seis merluzas fue de 510 días (Tabla 3). Estos seis peces habrían nacido entre octubre y diciembre del 2012 y en enero y julio del 2013, en concordancia con la estimación de 1 año obtenida con anillos anuales.

4 Discusión

El presente estudio buscó evaluar la estimación de edad de la merluza capturada en aguas ecuatorianas utilizando la lectura directa de los anillos anuales de otolitos o huesos del oído medio. La edad de los peces es de importancia para el manejo pesquero debido a que permite estudiar la dinámica poblacional, determinar si a los peces capturados, la pesquería les está permitiendo reproducirse (~2 años en Merluza, Panchana y Ramos, datos no publicados) y en general analizar si la edad de la población varía temporalmente. La merluza es la especie pesquera demersal más importante del Ecuador y Perú por lo que un manejo sustentable requerirá un trabajo conjunto entre los dos países. Este estudio busca proveer información para la población presente en el Ecuador para tal manejo.

La evaluación del estudio de anillos anuales usando información de la literatura, los anillos diarios y el análisis de márgenes sugirió que la estimación de la edad de merluza es correcta. El análisis de anillos anuales y de márgenes sugieren que los anillos de otolitos en los cuales ambos lectores estuvieron de acuerdo fueron en efecto anuales y que fueron puestos entre Mayo y Octubre o época seca, cuando la corriente fría de Humboldt está presente frente a las costas del Ecuador. En un estudio anterior, Aguayo y Ojeda (1987)[18] encontraron resultados similares. Estos autores utilizaron el análisis de márgenes y encontraron que en los meses de mayo a julio los anillos hialinos alcanzaron su máxima representación, es decir se habían formado por completo o se encontraban en formación, y que desde el mes de agosto se iniciaba la formación de bandas opacas. A pesar del uso de varios métodos, nuestras evaluaciones solo son válidas para animales menores a 3 años de edad ya que solo se trabajó con datos de animales de 1 y 2 años por lo que se debe tener precaución al momento de usar el análisis de anillos anuales para estimar la edad de individuos mayores a 2 años de edad.

El análisis de la reproductibilidad del análisis de anillos anuales para estimar la edad en la merluza sugiere que el método de lectura directa es poco preciso pero puede significar un gran ahorro de tiempo, si se trabaja con una gran cantidad de muestra ya que más del 50% de los otolitos presentan lecturas poco confiables. Puede ser un método poco preciso debido a que anillos anuales falsos que el pez coloca durante su crecimiento se pueden confundir con anillos anuales. Estos anillos falsos pueden ser anillos pelágicos, demersales, de desove y hasta semestrales como sugieren Fernández (1987)[6], Goicochea et al. (2010)[19] y Tello Macas (2014)[11]. Una opción para mejorar la precisión de los anillos anuales es realizar cortes transversales en los otolitos usando una sierra de diamante y realizar las lecturas en estos cortes. Un estudio piloto realizado con 12 otolitos encontró que las lecturas de otolitos enteros y cortados transversalmente estuvieron de acuerdo en un 50%, sugiriendo que en promedio solo la mitad de los otolitos enteros son utilizables (Andrade, Marín Jarrín y Preciado, datos no publicados). Debido a que se encontró que los otolitos enteros de las merluzas de mayor tamaño presentaron mayor dificultad para su lectura, una estrategia podría ser realizar lecturas directas en otolitos enteros en animales pequeños (<40 cm o ~3 años de edad) y en cortes en los peces más grandes (>40 cm). A diferencia de la lectura de anillos anuales anual, el uso de anillos diarios es mucho más trabajoso (promedio: 9 días en anillos diarios vs. 3 min en anillos anuales) pero preciso, permitiendo llegar a estimar la fecha en la que el pez eclusionó. En el presente estudio tres de los seis

individuos analizados habían eclosionado en Enero, y los otros tres en Octubre, Diciembre y Julio. Estas fechas no concuerdan con los meses de veda reproductiva exigidas de la pesquería industrial. Sin embargo, debido al pequeño número de muestras analizadas con anillos diarios no se puede concluir mas sobre la efectividad de las vedas, por lo que se recomienda incrementar el tamaño de muestra.

Nuestro estudio sugiere que los anillos anuales permiten una lectura rápida pero imprecisa de la edad de los peces, mientras que la de anillos diarios nos permite estimar la edad y fecha de eclosión del huevo pero exigen mayor dedicación de tiempo. La estimación de la edad de merluza mediante el uso de estos dos métodos puede estar influenciada por varios factores; (1) la resolución de la cámara para tomar las fotografías de los otolitos lo cual puede influir en los resultados del lector; (2) la experiencia de los lectores para diferenciar anillos anuales de falsos; (3) la disponibilidad de resina y una sierra de diamante para encapsular y obtener secciones transversales del centro de los otolitos, como se utiliza generalmente cuando se trabaja con adultos, lo cual reduce el tiempo de lecturas. Es recomendable que para futuros estudios la lectura tanto de anillos anuales como diarios sea realizada por lectores que trabajen durante todo el desarrollo de las metodologías, esto con el fin de disminuir el porcentaje de variación de las lecturas. Una buena aplicación de estos métodos nos guiarán a la obtención de información relevante para un buen manejo de la pesquería de merluza en nuestro país.

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a los pescadores artesanales e industriales que proveyeron las muestras, al MSc Edwin Moncayo, director del INP, por el apoyo a esta investigación, y al Centro de Arqueología de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la ESPOL e INP por el préstamo de sus equipos.

Referencias

1. Vargas, N., Mendo, J.: Relación entre la Distribución Espacial de la Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus* Ginsburg) y la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell. *Inf Inst Mar Perú*. 37 (3-4): 85 a 94 (2010)
2. Garcia, M., Gilces, I., Lavayen, F., Daza, C., Bermudez, C., Avila, E., Cevallos, A.: Pesquería del recurso merluza (*Merluccius gayi*) en el Ecuador Continental 2013. Informe Viceministerio de acuicultura y pesca (2014)
3. Cárdenas, E., Maroto, M., Muñoz, A.: Informe de Investigación Pesquera Campaña Ecuador 08 B/O Miguel Oliver (2008)
4. González, D.: Informe de la Campaña de Investigación Pesquera Ecuador 2009 B/O Miguel Oliver (2009)
5. González, D.: Informe de la Campaña de Investigación Pesquera Ecuador 2010 B/O Miguel Oliver (2010)
6. Fernández, F.: Edad y Crecimiento de la Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*). *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 11: 191 a 220 (1987)

7. CEDEPESCA.: Merluza peruana. Ficha técnica de la pesquería, www.cedepesca.net
8. PROECUADOR.: Análisis sectorial de merluza, www.proecuador.gob.ec.
9. Harder, W.: Anatomy of fishes. University of Tuebingen, Germany (1975)
10. Popper, A., Lu, Z.: Structure- function relationships in fish otolith organs. *Fish. Res.* 46:15 a 25 (2000)
11. Tello, J.: Relación: Longitud vs Edad de *Merluccius gayi* durante octubre 2013 – marzo 2014. Tesis, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador. 124pp (2014)
12. Fowler, A.: Validation of annual growth increments in the otoliths of a small, tropical coral reef fish. *Marine Ecology Progress Series* 64: 25-38 (1990)
13. Stevenson, D., Campana, S.: Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117: 126 p. [ed.] (1992)
14. Agüero, M.: Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. FAO Documentos Técnicos de Pesca y Acuicultura Series. Volumen 461 de FAO documento técnico de pesca. Pp. 203 (2006)
15. Cucalón, E.: Variabilidad Oceanográfica frente a la Costa de Ecuador durante el periodo 1981-86. *ERFEN*, 19: 11-26 (1986)
16. Cucalón, E.: Oceanographic Characteristics off the Coast of Ecuador. A Sustainable Shrimp Mariculture Industry for Ecuador. Technical Report Series TR-E (Eds. Olsen and L. Arriaga), pp. 185-194 (1989)
17. Montecino, V. et al.: Bio-physical Interactions off Western South-America. In the Global Coastal Ocean: Interdisciplinary Regional Studies and Syntheses, Chapter 10, Vol. 14A (2005)
18. Aguayo, M., Ojeda C.: Estudio de la edad y crecimiento de merluza común (*Merluccius gayi gayi* Guichenot, 1848) Gadiformes-Merlucciidae). *Invest Pesq Chile* 34, 99–112 (1987)
19. Goicochea, C., Wosnitza-Mendo, C., Mostacero, J., Moquillaza, P.: Periodicidad de formación de anillos de crecimiento en otolitos de la merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* ginsburg. *Imarpe* 37, 79–83 (2010)