

NOTA CIENTÍFICA

Identificación de stocks de *Engraulis ringens* en Chile utilizando morfometría de otolitos

Stocks identification of *Engraulis ringens* in Chile by otolith morphometric

Cecilia Machuca^{1*}, Francisco Cerna^{1**} y Lizandro Muñoz^{1***}

¹Departamento de Evaluación de Recursos, División de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero, Blanco 839, Valparaíso, Chile

*cecilia.machuca@ifop.cl; **francisco.cerna@ifop.cl; ***lizandro.munoz@ifop.cl

Abstract. Anchovy (*Engraulis ringens*) population units were analyzed in three zones off the coast of Chile: 1: Arica-Iquique, 2: Coquimbo and 3: Talcahuano-Valdivia from samples obtained during the 2012 spawning season. We used 50 left sagittae otoliths from each zone to perform a morphometric analysis, which included basic measurements, shape indexes and contour analysis (elliptical Fourier analysis). A MANOVA and Tukey multiple comparison analyses, applied on basic measures and shape indexes showed significant differences between zone 3 and zones 1 and 2. A classification by Canonical Discriminant analysis of elliptical Fourier harmonics, indicated significant differences among zones. It is concluded, therefore, that otolith shape analysis could be used to discriminate population units of *Engraulis ringens*. Better results were achieved using elliptic Fourier coefficients than using only shape indices.

Key words: *Engraulis ringens*, otolith morphometric, stock identification, Chile

INTRODUCCIÓN

Los factores ambientales tales como salinidad, temperatura del agua, profundidad, tipo de sustrato, así como hábitos tróficos, influyen en el tamaño y forma de los otolitos. La forma de los otolitos de peces es un rasgo característico de una especie (Hecht & Appelbaun 1982, Gaemers 1984, Volpedo & Echeverría 2000), aunque esto ocurre solamente cuando los otolitos están completamente formados, es decir en peces adultos (Nielson *et al.* 1985). El estudio de las variaciones interespecíficas a través de los otolitos ha experimentado un auge gracias a las técnicas de análisis de imagen y de la morfometría geométrica (Cadrin 2000, Canas *et al.* 2012). Dado que los otolitos constituyen un registro de la historia de vida del pez, un análisis morfométrico puede revelar diferencias en la estructura poblacional de una especie (Campana & Casselman 1993, Begg & Brown 2000, Tuset *et al.* 2003a). Estas variaciones pueden ser una respuesta a factores tanto intrínsecos como son los cambios ontogenéticos, y extrínsecos tales como enfermedades o variaciones ambientales. Por ello, las variaciones en la forma de los otolitos han sido utilizadas para determinar la presencia de diferentes poblaciones de una misma especie, lo cual es considerado una unidad demográfica (Neilson *et al.* 1985, Bird *et al.* 1986, Campana & Casselman 1993, Begg & Brown 2000, Turan 2004, Turan *et al.* 2006).

La anchoveta *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842), desempeña un importante papel ecológico en el Sistema de Corriente de Humboldt (Espinoza & Bertrand 2008, Chavez *et al.* 2003, Karstensen & Ulloa 2008), y su contribución a las economías regionales a partir de la mejora del conocimiento sobre la estructura de la población

(Galleguillos *et al.* 1996, Ferrada *et al.* 2002, Chávez *et al.* 2003, 2007; Valdivia *et al.* 2007, George-Nascimento & Moscoso 2013).

En Chile, la anchoveta es un recurso de importancia económica con un desembarque nacional promedio en los últimos 11 años de 858.254 t (SERNAPESCA 2018). Este recurso es capturado principalmente en tres zonas desde Arica a Antofagasta (zona norte), zona Caldera a Coquimbo y desde Valparaíso a Valdivia (zona centro-sur). Estas zonas, desde el punto de vista administrativo, son manejadas como stocks pesqueros independientes. Estas tres zonas de pesca presentan distintos niveles de abundancia, siendo la zona Arica-Antofagasta, la más productiva cuyo stock presenta una condición estable. En tanto que la zona de Caldera-Coquimbo, el stock se encuentra en un estado de subexplotación, en el límite de la plena explotación. En la zona Valparaíso-Valdivia el stock se mantiene en una situación de agotamiento y/o colapso con valores de biomasa desovante del 2017 en torno a un 72% bajo el valor estimado al Rendimiento Máximo Sostenible (SUBPESCA 2018).

La evaluación de la biomasa de los stocks explotados requiere tener la certeza de si estos stocks o poblaciones son independientes, es decir, si son reproductivamente autosustentables, no dependiendo de la inmigración de adultos desde zonas contiguas y caracterizándose por presentar indicadores biológicos propios como crecimiento individual, condición somática, etc. Esto asegura que las medidas de manejo aplicadas, como por ejemplo, cuotas de captura, vedas reproductivas y de reclutamiento, sean efectivas y permitan la adecuada sustentabilidad del recurso en el tiempo.

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar, mediante el análisis morfométrico de los otolitos sagittae, si las anchovetas capturadas en las tres zonas de pesca, corresponden a unidades stock independientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se compararon morfométricamente los otolitos sagittae de anchoveta de tres zonas de pesca en Chile: 1; Arica-Iquique ($18^{\circ}21'-21^{\circ}30'S$), 2; Coquimbo ($28^{\circ}00'-32^{\circ}00'S$) y 3; Talcahuano-Valdivia ($34^{\circ}50'-39^{\circ}50'S$). Se colectaron 50 pares de otolitos por zona, provenientes del muestreo biológico realizado por el Instituto de Fomento Pesquero a través de su programa de monitoreo de las principales pesquerías pelágicas de Chile (Aranís *et al.* 2013, Böhm *et al.* 2013). Los otolitos fueron extraídos de ejemplares con tallas de 14,0 y 14,5 cm de longitud total (LT) recolectados entre julio y septiembre del 2012. El estrecho rango de tallas considerado para este estudio permitió evitar efectos ontogénicos (Bergenius *et al.* 2005, Leguá *et al.* 2013).

Los otolitos fueron fotografiados utilizando una cámara de alta resolución adosada a un microscopio estereoscópico trinocular con un aumento de 20X y luz reflejada. Para estandarizar las imágenes se utilizaron los otolitos izquierdos, dispuestos con la cara externa hacia arriba y el rostro hacia la derecha (Tracey *et al.* 2006). El software Image-Pro Plus 5.1 (MediaCybernetics), se utilizó para capturar, digitalizar y binarizar las imágenes (Fig. 1) y así obtener medidas en un plano bidimensional tales como: área, perímetro, largo máximo del otolito, ancho máximo del otolito, feret máximo, feret mínimo, relación largo-ancho.

Las medidas obtenidas sirvieron también para calcular diversos índices de forma que incluyen la circularidad, rectangularidad, factor de forma, redondez y elipticidad, según las ecuaciones matemáticas descritas por Tuset *et al.* (2003b), Pothin *et al.* (2006), Agüera & Brophy (2010), Leguá *et al.* (2013) (Tabla 1).

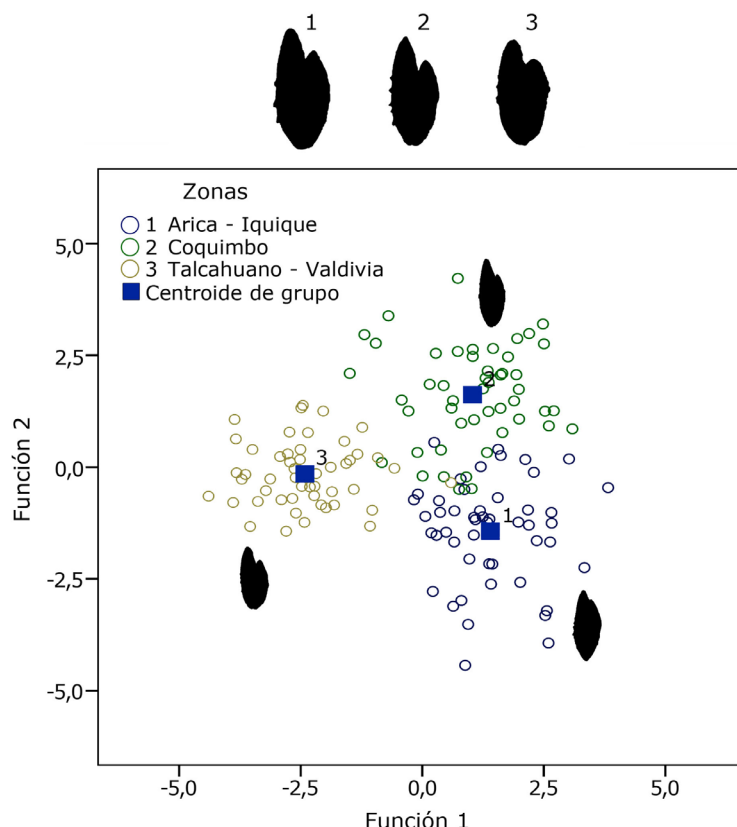


Figura 1. Imágenes binarizadas de otolitos de *Engraulis ringens*. Se visualizan diferencias morfológicas para cada zona de pesca y ploteo de los scores de la primera y segunda función discriminante obtenidos desde los descriptores de Fourier del contorno del otolito de anchoveta, para las tres zonas analizadas / Binarized images of *Engraulis ringens* otoliths. Morphological differences are visualized for each fishing zone and scatterplot of the first and second discriminant function obtained from the Fourier descriptors of the anchovy otolith shape, for the three zone analyzed

Tabla 1. Resumen MANOVA: Muestra el efecto de la zona de procedencia de anchoveta, sobre las variables dependientes que corresponden a medidas morfométricas e índices de forma del otolito / Summary of MANOVA: Showing the effect of the area of origin of anchoveta on the dependent variables that correspond to morphometric measures and indices of otolith shape

Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	P valor
Área	2,561	2	1,280	16,9	0,0001
Perímetro	7,371	2	3,686	16,6	0,0001
Longitud otolito (L)	1,424	2	0,712	31,4	0,0001
Ancho otolito (A)	0,079	2	0,039	7,2	0,001
Feret máximo	1,431	2	0,716	31,5	0,0001
Proporción L-A	0,200	2	0,100	6,8	0,001
Redondez	0,012	2	0,006	14,8	0,0001
Circularidad	10,498	2	5,249	1,6	0,196
Factor de forma	0,006	2	0,003	1,9	0,153

La normalidad multivariada fue examinada para las medidas básicas del otolito e índices de forma aplicando el test H de Royston (Royston 1983) y MVN-package del software R.

Para determinar la existencia de diferencias significativas en las medidas morfométricas básicas e índices de forma entre zonas, se aplicó un test MANOVA sobre aquellas variables que presentaron normalidad multivariada. Este análisis incluyó el test post hoc de Tukey, para evaluar las diferencias entre niveles del factor zona.

Utilizando el software SHAPE versión 1.3 (Iwata & Ukai 2002), las imágenes binarizadas de los otolitos fueron procesadas obteniéndose los coeficientes de 40 armónicos o descriptores del contorno de la forma por medio de la función elíptica de Fourier; esta función permite delinear cualquier tipo de forma de un objeto en estudio que tenga un contorno cerrado (Kuhl & Giardina 1982, Stransky *et al.* 2008a, b). En este análisis, cada armónico consta de cuatro coeficientes. Los tres primeros coeficientes del primer armónico son eliminados en el proceso de normalización para remover los efectos del tamaño, de la posición del primer punto digitalizado y de la rotación (Rohlf & Archie 1984).

Los coeficientes de los armónicos o descriptores obtenidos, fueron utilizados para clasificar y discriminar los contornos de los otolitos por localidad y zona. Este análisis consistió en el ajuste de una función discriminante que permitió predecir la clasificación de las variables categóricas o coeficientes de Fourier. Altos porcentajes de clasificación permitirán apoyar la separación de la forma de los contornos de los otolitos entre zonas. Para este análisis se empleó el software IBM SPSS Statistics (Softonic International, Barcelona) (Perez 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Doce medidas básicas y dos índices de forma del otolito (redondez y circularidad) mostraron normalidad multivariada con un valor $H= 4,0$ y $P= 0,420$.

El análisis de varianza múltiple (MANOVA) mostró con el test traza de Pillai que la interacción de las variables dependientes, medidas básicas e índices de forma del otolito, presentaron diferencias significativas entre las zonas de estudio ($F_{(18,280)} = 5,7; P < 0,0001$). La prueba de los efectos inter-sujetos (para cada variable dependiente por separado), mostró la existencia de diferencias significativas entre zonas, en todas las medidas básicas y en el índice de forma redondez. La circularidad y el factor de forma no mostraron diferencias entre zonas (Tabla 1).

El análisis de comparaciones múltiples de Tukey mostró diferencias significativas entre las tres zonas en estudio, para las variables área y perímetro del otolito ($P < 0,05$). Sin embargo, las variables largo, ancho, feret máximo, proporción largo-ancho y redondez, solo presentaron diferencias significativas entre la zona 3 con la zona 1 y 2 ($P < 0,05$), no existiendo diferencias entre la zona 1 y 2 ($P > 0,05$).

Las mayores diferencias morfométricas se hallaron en todas las medidas básicas y en el índice de redondez entre la zona 3 y la zona 1 y 2. Esto es debido a que los otolitos de la zona 3 (Talcahuano-Valdivia) son de menor tamaños y más redondos, lo que se observa en la relación longitud-ancho del otolito, que aquellos provenientes de la zona 1 (Arica-Iquique) y 2 (Coquimbo). Estas diferencias en el tamaño del otolito a igual intervalo de talla, están asociadas a variaciones en el crecimiento de esta especie, reportándose un mayor crecimiento en la zona de Arica-

Antofagasta que en la zona de Talcahuano-Valdivia (Cerna & Plaza 2015). De esta forma, un mayor crecimiento debiera reflejarse en otolitos de mayor tamaño, lo que es recogido por las medidas morfométricas. Aceptando esta hipótesis es plausible inferir que las diferencias el crecimiento de la zona 1 (Arica-Iquique) con la zona 2 (Coquimbo), no son lo suficientemente significativas para hallar diferencias estadísticas en las medidas morfométricas de los otolitos de las zonas 1 y 2. Se han reportado diferencias en las longitudes promedio alcanzadas a una misma edad al analizar ejemplares de *Engraulis mordax* a distintas latitudes en el hemisferio norte (Chiappa-Carrara & Gallardo-Cabello 1992).

El análisis discriminante de los descriptores de la función elíptica de Fourier permitió clasificar el contorno de dichos otolitos por zona, con dos funciones que explicaron el 66 y 34% de la varianza con una correlación canónica de 0,87 y 0,78, respectivamente. Estas funciones permitieron clasificar correctamente el 93% de los casos agrupados originalmente, con una alta significancia (Lambda de Wilks, $P < 0,001$).

La matriz de clasificación mostró una alta fidelidad o pertenencia de los individuos a su zona de origen con porcentajes apenas superiores al 85%, destacando las diferencias significativas en el contorno de los otolitos de las tres zonas estudiadas (Tabla 2, Fig. 1).

Este alto poder discriminante del contorno de los otolitos para separar unidades poblacionales de anchoveta, entre las tres zonas de la costa de Chile estudiadas, es similar a lo

Tabla 2. Matriz de clasificación del análisis discriminante de la forma de los otolitos sagittae de anchoveta, para tres zonas de muestreo de Chile / Classification matrix of sagittae otolith's shape discriminant analysis from anchovy, for three sampling zones from Chile

	Zona	Grupo de pertenencia pronosticado			Total	
		1	2	3		
Población original	Recuento	1	47	3	0	50
		2	5	42	2	49
		3	1	0	49	50
	Porcentaje	1	94,0	6,0	0,0	100
		2	10,2	85,7	4,1	100
		3	2,0	0,0	98,0	100

1: Arica-Iquique, 2: Coquimbo, 3: Talcahuano-Valdivia

encontrado en *Engraulis encrasicolus*, donde porcentajes de clasificación de 81 al 85% han sido suficientes para diferenciar cuatro poblaciones, dos al norte y dos al sur en el Mar Mediterráneo (Jemaa *et al.* 2015). Variaciones en la forma y/o contorno del otolito principalmente debido a distintas condiciones ambientales, han sido utilizadas exitosamente para diferenciar especies así como también para caracterizar unidades demográficas independientes en el género *Engraulis* (González & Lenfant 2007, Karahan *et al.* 2014). En cambio, en otro pez pelágico pequeño como la sardina común (*Strangomera bentincki*) no se detectaron diferencias geográficas al analizar otolitos provenientes de la zona centro-sur de Chile (Curín-Osorio *et al.* 2012).

El análisis de la forma de los otolitos de anchoveta de Chile, sugiere la existencia de diferencias fenotípicas entre los ejemplares capturados en las tres zonas estudiadas, que pueden ser consideradas como unidades demográficas independientes. Sin embargo, hay que tener en consideración que una alta clasificación o fidelidad de los peces a su lugar de origen, no implica que estos se encuentren totalmente aislados y no sean objeto de migraciones entre localidades, que, aunque limitados, podrían conferir cierto nivel de mezcla en periodos específicos o etapas de su historia de vida. En este sentido el análisis de comparaciones múltiple de Tukey de la mayoría de las medidas morfométricas básicas e índices de forma, no muestran diferencias significativas entre las zonas 1 y 2, lo cual podría sugerir cierto grado de mezcla entre ellas. Sin embargo, la conclusión sugiere la existencia de unidades demográficas independiente, como lo indica el análisis de contorno del otolito usando elíptica de Fourier, ya que esta metodología tiene un mayor poder discriminatorio que la morfometría clásica.

La variabilidad intraespecífica en la forma de los otolitos, que sustenta las diferencias encontradas entre las distintas zonas, está probablemente relacionada con las diferencias bióticas y abióticas de cada área de desove en particular, que junto con el efecto genético juegan un papel en la determinación de la forma de otolitos (Vignon & Morat 2010).

Finalmente, cabe señalar que se requieren nuevos estudios que permitan confirmar los resultados de este trabajo, incorporando localidades no incluidas tales como Antofagasta, Caldera y Valparaíso, además de verificar la existencia de diferencias interanuales. Los cambios interanuales son plausibles debido a la plasticidad de este recurso que está sometido a cambios ambientales de alto impacto, como eventos ENOS, que son recurrentes en el ecosistema de la corriente de Humboldt.

LITERATURA CITADA

- Agüera A & D Brophy. 2010.** Use of sagittal otolith shape analysis to discriminate Northeast Atlantic and Western Mediterranean stocks of Atlantic saury, *Scomberesox saurus saurus*. (Walbaum). Fisheries Research 110: 465-471.
- Aranís A, A Gómez, S Mora, G Muñoz, L Ossa, L Caballero, F Cerna, C Valero, A López, C Machuca, L Muñoz, C Vera, V Valdebenito, G Eisele & M Ramírez. 2013.** Informe final. Convenio: Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura 2012. Actividad 1: Seguimiento general de pesquerías de peces y crustáceos: Pesquería pelágica zona centro-sur, 2012, 229 pp. SUBPESCA-IFOP, Valparaíso. <http://190.151.20.106/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/23AQYJ8AXTLEE1GD81QC742QEKFT3F.pdf>
- Begg GA & RW Brown. 2000.** Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. Transactions of the American Fisheries Society 12(4): 935-945.
- Bergenius MAJ, GA Begg & BD Mapstone. 2005.** The use of otolith morphology to indicate the stock structure of common coral trout (*Plectropomus leopardus*) on the Great Barrier Reef, Australia. Fishery Bulletin 104: 498-511.
- Bird JL, DT Eppler & DM Checkley. 1986.** Comparisons of herring otoliths using Fourier series shape analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 43: 1228-1234.
- Böhm G, C Hernández, G Pérez, E Díaz, L Cortez, G Pérez, L Ossa, F Cerna, C Valero, C Machuca, L Muñoz, H Reyes, M Troncoso, C Gaspar, Z Young & R Aravena. 2013.** Informe final. Convenio: Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2012. Actividad 1: Seguimiento general de pesquerías de peces y crustáceos: Pesquería pelágica zona norte, 2012, 267 pp. SUBPESCA-IFOP, Valparaíso. <http://190.151.20.106/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/5V1LJQ1DTIT7G2MJD3EG7KAP34GDYL.pdf>
- Cadrin SX. 2000.** Advances in morphometric identification of fishery stock. Reviews in Fish Biology and Fisheries 10(1): 91-112.
- Campana S & JM Casselman. 1993.** Stock discrimination using otolith shape analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 50: 1062-1083.
- Canas L, C Stransky, J Schlickeisen, MP Juergen-Sampedro & AC Farina. 2012.** Use of the otolith shape analysis in stock identification of anglerfish (*Lophius piscatorius*) in the Northeast. ICES Journal of Marine Science 69: 250-256.
- Cerna F & G Plaza. 2015.** Caracterización de la historia de vida de anchoveta, sardina común y sardina austral de la zona centro sur. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Informe Final FIP N° 2013-19: 1-160. <http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89338_informe_final.pdf>
- Chávez FP, J Ryan, SE Lluch-Cota & M Niquen. 2003.** From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. Science 299: 217-221.
- Chávez RA, IM Valdivia & ME Oliva. 2007.** Local variability in metazoan parasites of the pelagic fish species, *Engraulis ringens*: implications for fish stock assessment using parasites as biological tags. Journal of Helminthology 81: 113-116.
- Chiappa-Carrara X & M Gallardo-Cabello. 1992.** Tallas y otolitos en la determinación de la edad de la anchoveta *Engraulis mordax* (Pisces: Engraulidae). Revista de Biología Tropical 40(1): 1-5.
- Espinoza P & A Bertrand. 2008.** Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current system. Progress in Oceanography 79: 215-227.
- Ferrada S, K Hernández, R Montoya & R Galleguillos. 2002.** Estudio poblacional del recurso anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns 1842) (Clupeiformes, Engraulidae), mediante análisis de ADN. Gayana 66: 243-248.
- Gaemers PM. 1984.** Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. Netherlands Journal of Zoology 34: 91-98.
- Galleguillos R, J Chong, C Oyarzún, M Oliva & R Roa. 1996.** Unidades de stock en los recursos sardina común y anchoveta de la zona centro-sur. Informe Final, Proyecto FIP 94-20: 1-64 Universidad Católica de la Santísima Concepción, Talcahuano. <http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89489_informe_final.pdf>
- George-Nascimento M & D Moscoso. 2013.** Variación local y geográfica de las infracomunidades de parásitos de la anchoveta *Engraulis ringens* en Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 48: 207-212.
- González-Salas C & P Lenfant. 2007.** Interannual variability and intraannual stability of the otolith shape in European anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Bay of Biscay. Journal of Fish Biology 70: 35-49.
- Hecht T & S Appelbaun. 1982.** Morphology and taxonomic significance of the otoliths of some bathypelagic Anguilloidei and Saccopharyngoidei from the Sargasso Sea. Helgoländer Meeresuntersuchungen 35: 301-308.
- Iwata H & Y Ukai. 2002.** SHAPE: A computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. Journal of Heredity 93: 384-385.
- Jemaa S, M Bacha, G Khalaf & R Amara. 2015.** Evidence for population complexity of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) along its distributional range. Fisheries Research 168: 109-116.
- Karahan A, P Borsa, A Cemal, I Kandemir, E Ozkan, Y Ak, S Can, E Koban & I Togan. 2014.** Geometric morphometrics, Fourier analysis of otolith shape, and nuclear-DNA markers distinguish two anchovy species (*Engraulis* spp.) in the Eastern Mediterranean Sea. Fisheries Research 159: 45-55.
- Karstensen J & O Ulloa. 2008.** The Peru-Chile Current System. Encyclopedia of Ocean Sciences 2009: 385-392. <<https://doi.org/10.1016/B978-012374473-9.00599-3>>
- Kuhl FP & CR Giardina. 1982.** Elliptic Fourier features of a closed contour. Computer Graphics and Image and Processing 18: 236-258.
- Leguá J, G Plaza, D Pérez & A Arkhipkin. 2013.** Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. Latin American Journal of Aquatic Research 41(3): 479-489.
- Nielson JD, GH Geen & B Chan. 1985.** Variability in dimensions of salmonid otolith nuclei: implications for stock identification and microstructure interpretation. Fishery Bulletin 83: 81-89.

- Perez C. 2005.** Técnicas estadísticas con SPSS 12. Aplicaciones al análisis de datos, 824 pp. Pearson Educación, Madrid.
- Pothin K, C González-Salas, P Chávame & R Lecomte-Finiger. 2006.** Distinction between *Mulloidichthys flavolineatus* juveniles from Reunion Island and Mauritius Island (south-west Indian Ocean) based on otolith morphometric. *Journal of Fish Biology* 69(1): 38-53.
- Royston JP. 1983.** Some techniques for assessing multivariate normality based on the Shapiro Wilk W. *Journal of the Royal Statistical Society Series C, Applied Statistics* 32(2): 121-133.
- SERNAPESCA. 2018.** Anuario 2016-2017. Serie 20062007-20162017, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Valparaíso. <<http://www.sernapesca.cl/informes/estadisticas>>
- Stransky C, AG Murta, J Schlickeisen & C Zimmermann. 2008a.** Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *Fisheries Research* 89(2): 159-166.
- Stransky C, H Baumann, SE Fevolden, A Harbitz, H HØie, KH Nedreaas, AB Salberg & TH Skarstein. 2008b.** Separation of Norwegian coastal cod and Northeast Arctic cod by outer otolith shape analysis. *Fisheries Research* 90: 26-35.
- SUBPESCA. 2018.** Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2017, 94 pp. División de Administración Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura SUBPESCA, Valparaíso <http://www.subpesca.cl/portal/618/articles-100052_recurso_1.pdf>
- Tracey SR, JM Lyle & G Duhamel. 2006.** Application of elliptical Fourier analysis of otolith form as a tool for stock identification. *Journal of Fisheries Research* 77: 138-147.
- Turan C. 2004.** Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters. *ICES Journal of Marine Science* 61(5): 774-781.
- Turan C, M Oral, B Öztürk & E Düzgüneş. 2006.** Morphometrics and meristic variation between stocks of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) in the Black, Marmara, Aegean and northeastern Mediterranean Seas. *Fisheries Research* 79: 139-147.
- Tuset VM, IJ Lozano, JA González, JF Pertusa & MM García-Díaz. 2003a.** Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus carillon* (L., 1758), *Journal Applied Ichthyology* 19: 88-93.
- Tuset VM, A Lombarte, JA González, JF Pertusa & MJ Lorente. 2003b.** Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp. *Journal of Fish Biology* 63(6): 1491-1504.
- Valdivia IM, RA Chávez & ME Oliva. 2007.** Metazoan parasites of *Engraulis ringens* as tools for stock discrimination along the Chilean coast. *Journal of Fish Biology* 70: 1504-1511.
- Vignon M & F Morat. 2010.** Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish. *Marine Ecology Progress Series* 411: 231-241.
- Volpedo A & D Echeverría. 2000.** Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino, 90 pp. Editorial Dunken, Buenos Aires.

Recibido el 15 de noviembre 2018 y aceptado el 3 de enero de 2019

Editor Asociado: Mauricio Landaeta D.