



The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

EFFECT IN THE REPRODUCTION OF NORTH-CENTER PERUVIAN ANCHOVY *ENGRAULIS RINGENS* (JENYNS, 1842) STOCK FROM PERU DURING LA NIÑA EVENT 2017-2018 CATEGORIZED BY REPRODUCTIVE INDEX ANOMALIES

EFFECTO EN LA REPRODUCCIÓN DE ANCHOVETA PERUANA *ENGRAULIS RINGENS* (JENYNS, 1842) DEL STOCK NORTE-CENTRO DEL PERU DEL EVENTO LA NIÑA 2017-2018, CATEGORIZADO MEDIANTE ANOMALÍAS DE INDICADORES REPRODUCTIVOS

Antonio Cuba^{1,2*}, Javier Sánchez² & Julio Mori²

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

² Laboratorio de Biología Reproductiva, sede central. Instituto del Mar del Perú. Lima, Perú.

* Corresponding author: acubam@gmail.com

Antonio Cuba:  <https://orcid.org/0000-0002-5907-6857>

Javier Sánchez:  <https://orcid.org/0000-0003-3207-9406>

Julio Mori:  <https://orcid.org/0009-0007-5779-6408>

ABSTRACT

The Peruvian anchovy *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) is a pelagic fish which is distributed in Humboldt Current System, divided in 3 stocks, being the north-center stock of Peru the most important for its high biomass values. The reproductive behavior of Peruvian anchovy was widely studied and could be affected by oceanographic changes. The aim of this work was to evaluate the reproductive strategy and the effect of La Niña 2017-2018 over the reproduction of Peruvian anchovy through the study of reproductive index anomalies. The time series of the reproductive index, gonadosomatic index and spawning fraction during 2017 and 2018, were given by Reproductive Biology Laboratory of the Peruvian Sea Institute. The estimation and categorization of the reproductive index anomalies were done following previously standardized methodology. The results showed that in the first 3 months of the Event La Niña, the reproductive activity had positive anomalies with moderate effect, then positive anomalies without effect were registered. The spawning activity had a positive moderate anomaly during February, month when the anchovy presents their second important reproductive moment.

Keywords: gonadosomatic index – La Niña – Peruvian anchovy – reproductive index anomalies – spawning fraction

Este artículo es publicado por la revista *The Biologist (Lima)* de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.



DOI: <https://doi.org/10.24039/rb20232121606>

RESUMEN

La anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) es un pez pelágico que se distribuye entre la corriente peruana de Humboldt, el cual se divide en tres stocks, siendo el más importante, en abundancia y capturas, el del stock norte-centro de Perú. Su ciclo reproductivo ha sido estudiado en diversas ocasiones, el cual puede verse afectado por cambios oceanográficos. El objetivo del presente trabajo es determinar el tipo de respuesta reproductiva y efecto que tuvo La Niña del 2017-2018 sobre la reproducción de la anchoveta a través del análisis de anomalías de indicadores reproductivos. La serie de tiempo de los indicadores reproductivos, índice gonadosomático y fracción desovante del 2017 y el 2018, fueron provistos por el Laboratorio de Biología Reproductiva del Instituto del Mar del Perú. El cálculo y categorización de las anomalías de los indicadores reproductivos se realizó a partir de la metodología estandarizada previamente. Los resultados mostraron que en los tres primeros meses del evento la actividad reproductiva del recurso presentó anomalías positivas con efecto positivo moderado; mientras que, en lo que restó del evento se observaron anomalías positivas sin efecto. La actividad desovante presentó una anomalía positiva de efecto moderado en el mes de febrero, mes en el que ocurre el segundo momento reproductivo importante de la anchoveta peruana.

Palabras clave: anchoveta peruana – anomalías de indicadores reproductivos – La Niña – índice gonadosomático – fracción desovante

INTRODUCCIÓN

La anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) es un pez pelágico que se distribuye en Perú y Chile, dividiéndose en tres stocks. El stock Norte-Centro de Perú, Sur de Perú-Norte de Chile, y Centro y Sur de Chile (Cubillos *et al.*, 2007). En cuanto a la importancia de sus stocks, estos disminuyen de norte a sur (Díaz, 2017). La anchoveta peruana es una especie bastante estudiada debido a que es el sustento de una de las pesquerías más importantes en el mundo (Global Fishing Watch, 2019). En cuanto a sus aspectos reproductivos, los diversos estudios, en general, identifican sus momentos reproductivos importantes y potencial reproductivo; siendo importante, además, conocer la respuesta reproductiva que puede asumir el recurso ante los cambios cada vez más frecuentes que ocurren en su medio, como la ocurrencia de eventos El Niño y La Niña.

El estudio de los indicadores reproductivos, tales como índice gonadosomático (IGS) y fracción desovante (FD), permiten conocer el ciclo reproductivo de una especie. En cuanto a la anchoveta peruana del stock norte-centro, esta presenta dos periodos importantes de reproducción, el principal durante el invierno austral y el secundario, de menor intensidad, durante el verano austral (Einarsson *et al.*, 1966; Mori *et al.*, 2011, IMARPE, 2023).

Las anomalías de los indicadores reproductivos (AIR) es una manera práctica de medir las variaciones en

el comportamiento reproductivo de un recurso, permitiéndonos entender los cambios que se observan en su maduración gonadal y desove (Cuba *et al.*, 2019). Asimismo, las AIR son utilizadas para observar los impactos que se generan en la reproducción del recurso, tras un cambio en el proceso ambiental del mar (Perea *et al.*, 2015).

Uno de los eventos más importantes de interacción océano-atmósfera es El Niño Oscilación del Sur (ENOS). El ciclo ENOS consta de una fase cálida (El Niño) y una fase fría (La Niña) (Maturana *et al.*, 2004). Esta última se caracteriza por presentar anomalías negativas de temperatura superficial del mar (ATSM), las cuales están asociadas a una elevación de la termoclina y al fortalecimiento de las surgencias; mientras que, a nivel de campo atmosférico, la presión atmosférica superficial aumenta (Maturana *et al.*, 2004). Para la evaluación y categorización de los eventos frente a la costa del Perú se utiliza el índice costero El Niño (ICEN), el cual señala que se denominará “Evento La Niña en la región costera del Perú” cuando se presenten tres meses consecutivos con condiciones frías (ENFEN, 2012).

Debido a la importancia de conocer la respuesta reproductiva de la anchoveta peruana ante cambios oceanográficos en su medio, el objetivo del presente trabajo fue evaluar su comportamiento reproductivo durante el evento La Niña con categoría débil que se registró desde noviembre del 2017 hasta marzo del

2018, utilizando la categorización de las anomalías de los indicadores reproductivos (índice gonadosomático y fracción desovante), que permitirá conocer el grado de afectación del recurso en sus procesos reproductivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el comportamiento reproductivo de la anchoveta peruana ante el Evento La Niña, a partir del efecto de la anomalía de indicadores reproductivos de índice gonadosomático (IGS) y fracción desovante (FD), se realizaron los siguientes pasos:

- Identificación del periodo en el cual se produjo el evento: Periodo determinado a escala mensual, mediante lo publicado por el comité multisectorial ENFEN (ENFEN, 2022).
- Cálculo y análisis de anomalías de indicadores reproductivos (IGS y FD): A partir de la serie mensual de los indicadores reproductivos; para su posterior categorización de acuerdo a lo propuesto por Cuba *et al.* (2019).

Las series de tiempo a escala mensual de los indicadores reproductivos, índice gonadosomático (IGS) y fracción desovante (FD) del 2017 y 2018, fueron proporcionadas por el Laboratorio de Biología Reproductiva de la sede central del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), los cuales fueron calculados mediante la siguiente relación:

$$IGS = \frac{PG}{PE} * 100 \quad (\text{Vazzoler, 1996}).$$

Donde:

PG = Peso de las gónadas (g).

PE = Peso eviscerado (g).

$$IAD \text{ o } FD = \frac{Hiv}{Ha} * 100 \quad (\text{Buitrón } et \text{ al.}, 2011).$$

Donde:

Hiv = Hembras en fase IV (desovantes).

Ha = Hembras adultas.

Para el cálculo y categorización de las anomalías se utilizó la metodología descrita por Cuba *et al.* (2019), donde mencionan que el valor mensual de la anomalía es igual a la diferencia del valor mensual de la serie de tiempo y el

valor mensual del patrón; mientras que, las categorías de las anomalías son descritas en la siguiente tabla:

Tabla 1. Categorización del efecto de la anomalía de acuerdo a los rangos de anomalías (expresados en deciles) de los índices reproductivos (índice gonadosomático y fracción desovante) de anchoveta peruana *E. ringens* según Cuba *et al.* (2019).

Categoría	Rango de anomalía
Sin efecto	0 a \pm decil 4
Efecto moderado	\pm decil 4 a \pm decil 8
Efecto fuerte	\pm decil 8 a \pm

Aspectos éticos: El presente trabajo no presenta ningún conflicto ético, debido a que la recolecta de muestras tienen todos los permisos por ley que se le confiere al Instituto del Mar del Perú.

RESULTADOS

El índice gonadosomático (AIGS) en *E. ringens* en los primeros tres meses de ocurrido el evento, periodo en el cual se observaron los menores valores del ICEN (Fig. 1A), se registró anomalías positivas de efecto moderado, mostrando que, las anomalías negativas de la temperatura superficial del mar (TSM) registradas, tuvieron una afectación positiva en la maduración gonadal del recurso al inicio del evento. En tanto que, los siguientes dos meses se registraron anomalías positivas de categoría sin efecto (Fig. 1B).

En el caso de las anomalías de la fracción desovante (AFD) en *E. ringens*, en los dos primeros meses de iniciado el evento (noviembre y diciembre 2017), fueron anomalías negativas y positivas de categoría sin efecto; seguido de anomalía positiva con categoría de efecto moderado en enero y febrero del 2018, mostrando que la anomalía negativa de la TSM favoreció el desove del recurso en su periodo secundario de desove. Posteriormente, en marzo del 2018, la FD presentó una anomalía positiva de categoría sin efecto (Fig. 1C).

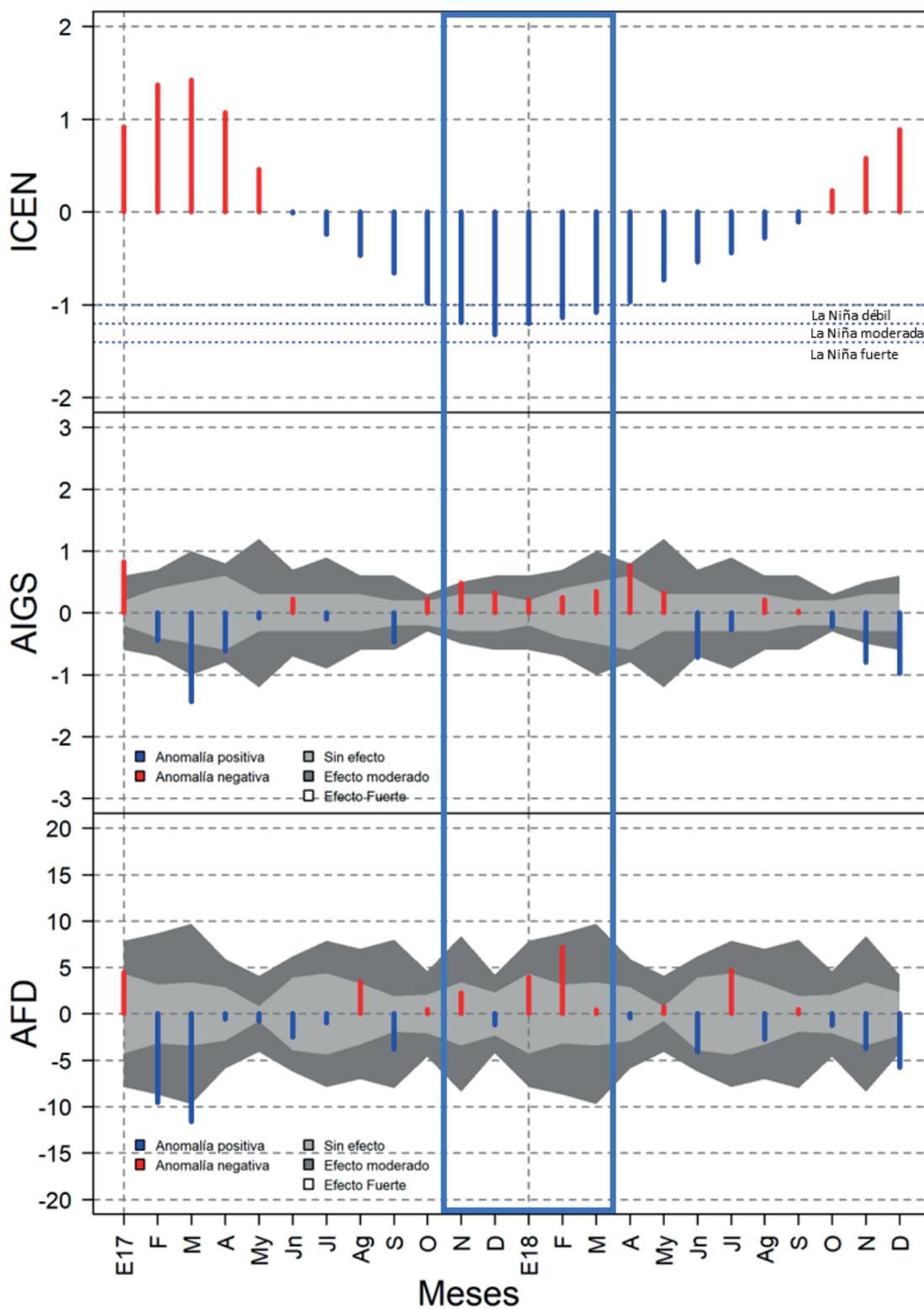


Figura 1. A: Valor índice costero El Niño (ICEN) (ENFEN, 2012). B: Anomalías de índice gonadosomático (AIGS) de anchoveta peruana *Engraulis ringens* y su categorización desde enero del 2017 a diciembre del 2018. C: Anomalías de fracción desovante (AFD) de anchoveta peruana *Engraulis ringens* y su categorización desde enero del 2017 a diciembre del 2018. En el recuadro azul se enmarca el periodo de duración del evento La Niña 2017-2018.

DISCUSIÓN

Las respuestas reproductivas que toma la anchoveta peruana frente a cambios oceanográficos, como los eventos ENOS, son diversas, las cuales le permiten asegurar su éxito reproductivo (Cuba *et al.*, 2019). En el año 2017, a partir del mes de noviembre hasta marzo del 2018, el comité sectorial ENFEN determinó la ocurrencia de un evento La Niña de categoría débil frente a la costa peruana (ENFEN, 2023), ocasionando una anomalía positiva de efecto moderado en la actividad reproductiva de la anchoveta peruana en los primeros tres meses y una anomalía positiva de efecto moderado en la actividad desovante en el mes de febrero, indicando que los procesos de maduración gonadal y desove del periodo secundario de desove del recurso se vieron favorecidos, registrándose valores de IGS y FD superiores al promedio.

El efecto positivo de los eventos La Niña sobre la actividad reproductiva del recurso ha sido reportado anteriormente por Bouchon-Corrales & Peña-Tercero (2008) quienes señalan que, en La Niña del 2007, registrada desde abril hasta diciembre con una categoría moderada, se pudo observar que el IGS mantuvo valores superiores a lo esperado durante todo el evento. En el evento La Niña que se describe en el actual trabajo, observamos un comportamiento similar, registrándose una anomalía positiva de efecto moderado al inicio y en los siguientes dos meses de acabado el evento. Este comportamiento indicaría que los eventos La Niña débil y moderada tienen un efecto positivo sobre la maduración gonadal del recurso; debiendo tomarse en cuenta para comparar la respuesta reproductiva del recurso, el momento reproductivo en el cual se produce el evento.

En el caso de la actividad desovante, medida a partir de la FD, el evento La Niña del 2017-2018 provocó una anomalía positiva de efecto moderado dentro de su periodo secundario de desove en los meses de enero y febrero, que fue favorecido debido a que el recurso mantuvo importantes reservas energéticas para la época (observadas a partir de contenido graso) (IMARPE, 2018), lo que le permitió desarrollar un desove más intenso en enero y febrero, sobrepasando el valor crítico (indicador de periodos importantes de desove). La correlación inversa entre el contenido graso y los periodos de desove de la anchoveta peruana fue mencionada por Ayala *et al.* (2002); es así como los altos valores de contenido graso permiten al recurso invertir energía en desarrollo gonadal y presentar una actividad desovante importante. En tal sentido, durante La Niña 2021-2022, la cual se registró desde noviembre del 2021 hasta julio del 2022 (ENFEN, 2023) con una categoría débil, la anchoveta peruana

presentó valores de actividad desovante menores a los observados en el presente estudio, pudiendo deberse a los menores valores de contenido graso que se registraron en dichos meses con respecto al periodo 2017-2018 (IMARPE, 2023).

Finalmente, mientras La Niña registrada de noviembre del 2017 a marzo del 2018 tuvo un efecto positivo sobre la actividad reproductiva y desovante de la anchoveta peruana, El Niño costero del 2017 provocó que adelante su momento reproductivo importante, presentando su desove secundario en enero y no en febrero como suele suceder (Cuba *et al.*, 2019), lo cual, muestra que la anchoveta peruana adopta una respuesta reproductiva dependiendo del tipo de evento (cálido o frío) con la finalidad de asegurar un desove exitoso.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue realizado como parte del curso Tesis III de la maestría de Biodiversidad y Gestión de Ecosistemas de la Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Author contributions: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)

ACM = Antonio Cuba Martínez

JSE = Javier Sánchez Espinoza

JMP = Julio Mori Ponce

Conceptualization: JMP, ACM, JSE

Data curation: JMP, ACM, JSE

Formal Analysis: ACM, JSE

Funding acquisition: ACM, JSE, JMP

Investigation: ACM, JSE, JMP

Methodology: ACM, JSE

Project administration: ACM, JSE

Resources: ACM, JSE, JMP

Software: ACM

Supervision: JSE

Validation: JSE, JMP

Visualization: ACM, JSE

Writing – original draft: ACM, JSE

Writing – review & editing: JSE, ACM, JMP

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, M., Albrecht-Ruiz, M., Sala, A., & Paredes, J. (2002) Fat content of Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) after El Niño Phenomenon (1998-1999). *Journal of food composition and analysis*, 15, 627-631.
- Bouchon-Corrales, M., & Peña-Tercero, C. (2008). Impactos de los eventos La Niña en la pesquería peruana. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 35(3), 193-198.
- Buitrón, B., Perea, A., Mori, J., Sánchez, J., & Roque, C. (2011). Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. *Boletín Instituto del Mar Perú*. 38, 373-384.
- Cuba, A., Sánchez, J., Mori, J., & Chávez, G. (2019). Anomalías de los índices reproductivos fracción desovante e índice gonadosomático de anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) del stock norte-centro del Perú y su relación con El Niño Costero 2017. *The Biologist (Lima)*, 17(2), 253-261.
- Cubillos, L. A., Ruiz, P., Claramunt, G., Gacitúa, S., Núñez, S., Castro, L. R., Riquelme, K., Alarcon, C., Oyarzun, C., & Sepúlveda, A. (2007). Spawning, daily egg production, and spawning stock biomass estimation for common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central southern Chile in 2002. *Fisheries Research*, 86(2-3), 228-240.
- Díaz, E. (2017). *Impacto de diferentes estrategias de explotación sobre el estado inmediato del stock norte – centro de la anchoveta peruana (Engraulis ringens)*. Tesis (Magister en Recursos Acuáticos). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Escuela de Posgrado. Facultad de Ciencias Biológicas.
- Einarsson, H., Rojas de Mendiola, B., & Santander, H. (1966). *El desove de peces en aguas peruanas durante 1961–1964*. Memoria del Primer Seminario Latinoamericano del Océano Pacífico Oriental, Lima.
- ENFEN. (2012). *Defnición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú*. https://www.dhn.mil.pe/Archivos/Oceanografia/ENFEN/nota_tecnica/Definicion%20Operacional%20ENFEN_09abr12.pdf
- ENFEN. (2022). *Eventos El Niño y La Niña costeros*. Subdirección de Ciencias de la Atmosfera e Hidrosfera. http://met.igp.gob.pe/elniño/lista_eventos.html
- ENFEN. (2023). *Eventos El Niño y La Niña costeros*. Subdirección de Ciencias de la Atmosfera e Hidrosfera. http://met.igp.gob.pe/elniño/lista_eventos.html
- Global Fishing Watch. (2019). *La pesquería comercial más grande del mundo ahora disponible en la plataforma Global Fishing Watch*. <https://globalfishingwatch.org/es/transparencia/la-pesqueria-comercial-mas-grande-del-mundo-ahora-disponible-en-la-plataforma-del-global-fishing-watch/>
- IMARPE. (2023) *Reporte de indicadores reproductivos de anchoveta peruana Engraulis ringens. N°06-2023*. LBR/AFIRNP/DGIRP.
- IMARPE. (2018) *Reporte de indicadores reproductivos de anchoveta peruana Engraulis ringens. N°06-2018*. LBR/AFIRNP/DGIRP.
- Maturana, J., Bello, M., & Manley, M. (2004). *Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. El Niño-La Niña, 2000*. SHOA—Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, Departamento de Oceanografía: Valparaíso, Chile, pp. 13-27.
- Mori, J., Buitrón, B., Perea, A., Peña, C., & Espinoza, C. (2011). Variabilidad anual en la estrategia reproductiva en la anchoveta peruana en la región norte-centro del litoral del Perú. *Ciencias Marinas* 37(4B), 513-525.
- Perea, Á., Buitrón, B., Mori, J., Roque, C., & Sánchez, J. (2015). Anomalías de los índices reproductivos de anchoveta *Engraulis ringens* en relación al ambiente. *Boletín Trimestral Oceanográfico*, 1, 25-26.
- Vazzoler, A.E. (1996). *Biologia da reproducao de peixes teleósteos: teoria e prática*. Eduem. 169 pp.

Received May 29, 2023.

Accepted July 26, 2023.