



The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

ANOMALIES OF REPRODUCTIVE INDEXES SPAWNING FRACTION AND GONADOSOMATIC INDEX OF ANCHOVETA PERUANA *ENGRAULIS RINGENS* (JENYNS, 1842) FROM NORTH-CENTRAL STOCK OF PERU IN RELATION TO EL NIÑO COSTERO 2017

ANOMALÍAS DE LOS ÍNDICES REPRODUCTIVOS FRACCIÓN DESOVANTE E ÍNDICE GONADOSOMÁTICO DE ANCHOVETA PERUANA *ENGRAULIS RINGENS* (JENYNS, 1842) DEL STOCK NORTE-CENTRO DEL PERÚ EN RELACIÓN A EL NIÑO COSTERO 2017

Antonio Cuba¹; Javier Sánchez¹; Julio Mori¹ & Grecia Chávez¹

¹ Laboratorio de Biología Reproductiva Sede Central Callao, Instituto del Mar del Perú.
Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao.

acuba@imarpe.gob.pe / jsanchez@imarpe.gob.pe / jmori@imarpe.gob.pe / gchavez@imarpe.gob.pe

ABSTRACT

Reproductive indexes spawning fraction (SPF) and gonadosomatic index (GSI) allow evaluating the reproductive condition of a resource and bringing a better knowledge about reproductive strategy to climate change as El Niño event. The objective of this work was to study the impact of the El Niño Costero 2017 event over the reproductive condition of anchovy *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842), it was analyze the changes in anomalies of gonadosomatic index (GSI) (2010–2018) and spawning fraction (SPF) (2010–2018) and the relation of them with the anomalies of sea surface temperature. The monthly anomalies were determined based on the comparison of the corresponding index value for each month with the respective pattern (2010-2017). It was observed, in January the SPF had a positive anomalies with moderate effect; however, in February and March the anomalies were negative with strong effect. Furthermore, since April to June it was determined anomalies without effect in the spawning. On the other hand, the GSI obtained positive anomalies in January and February with moderate effect; from March until June the anomalies were negative with moderate effect. Finally, the Peruvian anchovy adopted a different strategy spawning in January, securing a spawning pick in respond to the increment of temperature.

Keywords: Anomalies – El Niño Costero – gonadosomatic index – Peruvian anchovy – spawning fraction

RESUMEN

Los índices reproductivos fracción desovante o índice de actividad de desove (FD o IAD) e índice gonadosomático (IGS) permiten evaluar la condición reproductiva de un recurso y brindar un mayor alcance en el conocimiento de su estrategia reproductiva ante diversos cambios, como los producidos en el ambiente ante un evento como El Niño Costero. Con el objetivo de conocer el impacto de El Niño Costero 2017 sobre el proceso reproductivo del stock norte-centro de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842), se analizó el comportamiento de las anomalías IGS (2010 - 2018) y de la FD (2010 - 2018) o IAD (2010 - 2018), relacionadas a las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM). Se determinaron las anomalías mensuales en base a la comparación del valor del índice correspondiente para cada mes con el patrón respectivo (2010-2017). Se observa que, respecto al periodo de El Niño Costero, en el mes de enero se produjo una anomalía positiva de efecto moderado de FD; mientras que en los meses de febrero y marzo se presentaron anomalías negativas de efecto fuerte. Los meses posteriores (abril – junio) se registraron anomalías sin efecto en la FD. Por otro lado, el IGS mostró anomalías positivas de efecto moderado en los meses de enero y febrero. En los siguientes meses (marzo – junio), se observaron anomalías negativas con efecto moderado en la maduración del recurso. Finalmente, la anchoveta peruana desovó masivamente en el mes de enero, adelantando su desove de verano (el cual se produce, generalmente, en el mes de febrero) como parte de su estrategia reproductiva, asegurándose así, un periodo de desove que permita la renovación de su población.

Palabras clave: Anchoveta peruana – anomalías – El Niño Costero – fracción desovante – índice gonadosomático

INTRODUCCIÓN

El índice gonadosomático (IGS) y la fracción desovante o índice de actividad desovante (FD o IAD) son los índices reproductivos que miden la maduración y desove de un recurso hidrobiológico (Buitrón *et al.*, 2011). La disminución o aumento de ellos en comparación a un patrón definido permite observar la condición reproductiva de un recurso en un lugar y periodo determinado. Debido a que todo proceso reproductivo es sensible al ambiente, las oscilaciones que presentan los índices reproductivos pueden ser causadas por anomalías que se presentan en el medio. Sin embargo, la variabilidad del ambiente no siempre tiene un efecto cambiante en la reproducción de los peces (Perea *et al.*, 2015). El análisis de las anomalías estandarizadas de las series temporales de IGS y FD permitió determinar diferentes periodos de medio plazo. Sin embargo, queda por confirmar que tales convergencias en los cambios de régimen de las variables ambientales con las

reproductivas tengan una relación causa-efecto y no sean sólo meras coincidencias (Mori *et al.*, 2015).

Las anomalías de los índices reproductivos son una forma práctica de medir variaciones en el comportamiento reproductivo de un recurso, las cuales nos ayuden a entender los cambios que se observan en la maduración y desove del mismo; en este sentido, Perea *et al.* (2015) utilizaron las anomalías de los indicadores reproductivos con la finalidad de calcular el impacto de las condiciones cálidas o frías del mar sobre la reproducción de la anchoveta *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842).

El evento denominado “El Niño Costero” se desarrolla en la zona este del Pacífico ecuatorial y se caracteriza por presentar condiciones neutrales o intensificadas de la circulación de Walker y bajas temperaturas superficiales del mar en la zona central del Pacífico ecuatorial (Echevin *et al.*, 2018). Este evento registrado por primera vez en 1891, además de ingreso de masas de agua caliente,

también ocasionó varamientos de diferentes cocodrilos y escombros de árboles provenientes de Ecuador. En el evento de 1925, además de lo mencionado anteriormente, se encontraron cadáveres de animales que también provenían de Ecuador (Takahashi & Martínez, 2019).

El Niño Costero del 2017 fue ocasionado por la disminución de la intensidad de los vientos con dirección sur en el mes de enero, los cuales reducen el enfriamiento del océano (Garreaud, 2018), lo que causó fuertes anomalías de la temperatura superficial del mar en la costa del norte del Perú y fuertes precipitaciones, parecidas a las registradas en El Niño 1997-98 (Echevin *et al.*, 2018).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de El Niño Costero 2017 sobre la reproducción de la anchoveta peruana a partir de la determinación de las anomalías de los índices reproductivos fracción desovante e índice gonadosomático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la serie de IGS y FD del Laboratorio de Biología Reproductiva del Instituto del Mar del Perú, Lima, Perú, la cual comprendió desde el año 1990 hasta el 2017.

El IGS se calculó como la razón entre el peso de la gónada y el peso eviscerado de cada espécimen, utilizándose la ecuación de Vazzoler (1982).

$$IGS = \frac{PG}{PE} * 100$$

Donde:

PG: Peso de la gónada.

PE: Peso eviscerado.

La FD es un índice que mide directamente el desove, el cual involucra exclusivamente a los individuos desovantes (fase IV), definiéndose a partir de las lecturas de los cortes histológicos, donde se detecta la presencia de ovocitos hidratados y/o de estructuras celulares llamadas folículos post-ovulatorios (FPO).

La FD se calcula a partir de la ecuación propuesta por Buitrón *et al.* (2011).

$$FD = \frac{Hiv}{Ha} * 100$$

Donde:

Hiv: Hembras en fase IV (desovantes).

Ha: Hembras adultas.

El cálculo de los patrones de los índices reproductivos se hizo en base a los 3 periodos de distinto comportamiento reproductivo de anchoveta peruana que menciona Buitrón *et al.* (En prensa). En donde, señalándose que a partir de la estandarización del IGS se hallaron los periodos de 1986-1995, 1996-2009 y del 2010 al 2015, ampliando para el presente estudio este periodo hasta el 2017. El patrón fue el promedio mensual de los años seleccionados.

Las anomalías de los índices reproductivos fueron el resultado de la resta entre los valores mensuales de los índices y su respectivo valor del patrón.

Las anomalías de temperatura superficial del mar desde enero del 2010 hasta diciembre del 2017 fueron proporcionadas por la Dirección de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático del Instituto del Mar del Perú.

RESULTADOS

Para la determinación de los efectos de El Niño Costero 2017 se establecieron rangos, los cuales se calcularon a partir de las anomalías negativas y positivas de cada índice reproductivo por meses, determinándose los valores absolutos y estimándose los deciles 4 y 8 (tabla 1). Siendo el decil 4 aquel que marcó el tope, positivo y negativo, en el cual la anomalía podía fluctuar, pero sin presentar un efecto en la reproducción del recurso, este rango conformó la categoría “sin efecto”. La categoría denominada como “efecto moderado” estuvo delimitado por los valores del rango del decil 4 al decil 8. Por último, aquellos valores que superaron el valor del decil 8, estuvieron incluidos en la categoría denominada como “efecto fuerte” (tabla 2).

Tabla 1. Deciles (4 y 8) de las anomalías mensuales de los índices reproductivos fracción desovante o índice de actividad de desove (FD o IAD) e índice gonadosomático (IGS) de *Engraulis ringens* anchoveta peruana para el periodo 2010 - 2017.

MES	FD o IAD		IGS	
	decil 4	decil 8	decil 4	decil 8
Enero	3,9	8,4	0,66	2,3
Febrero	4,2	6,8	0,52	2,04
Marzo	3,3	10,2	0,62	2,04
Abril	3,1	7,3	1,51	2,83
Mayo	4	8,1	1,6	3,07
Junio	4,5	8,5	1,39	3,01
Julio	6,2	9,6	1,03	2,23
Agosto	7,2	11,8	0,53	1,88
Setiembre	5	7,8	0,88	3,35
Octubre	2,9	8,9	0,62	2,3
Noviembre	4,7	9,9	0,63	2,54
Diciembre	4,7	8,7	0,52	2,1

Tabla 2. Categorización del efecto de la anomalía según los rangos de anomalías (expresados en deciles) de los índices reproductivos de anchoveta peruana *Engraulis ringens*.

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

Las anomalías de FD o IAD respecto a las de la temperatura superficial del mar en el periodo 2010 – 2017, mostraron que la anchoveta peruana, adopta diferentes comportamientos reproductivos frente a cambios de dicha temperatura. Así, se pudo observar en los años 2012 y 2013, donde se registraron anomalías positivas y negativas por periodos mayores a tres meses, que las anomalías de FD se mantuvieron, en general, en la categoría de “sin efecto” (Fig. 1). En el año 2015,

observamos anomalías negativas de FD con “efecto moderado” y “efecto fuerte” de forma continua, las cuales coinciden con una serie de anomalías positivas de temperatura superficial del mar. Asimismo, en la primera mitad del 2016 se presentaron anomalías positivas de FD con “efecto moderado” y “efecto fuerte”, periodo en el cual las anomalías positivas de temperatura bajaron en intensidad (Fig. 1).

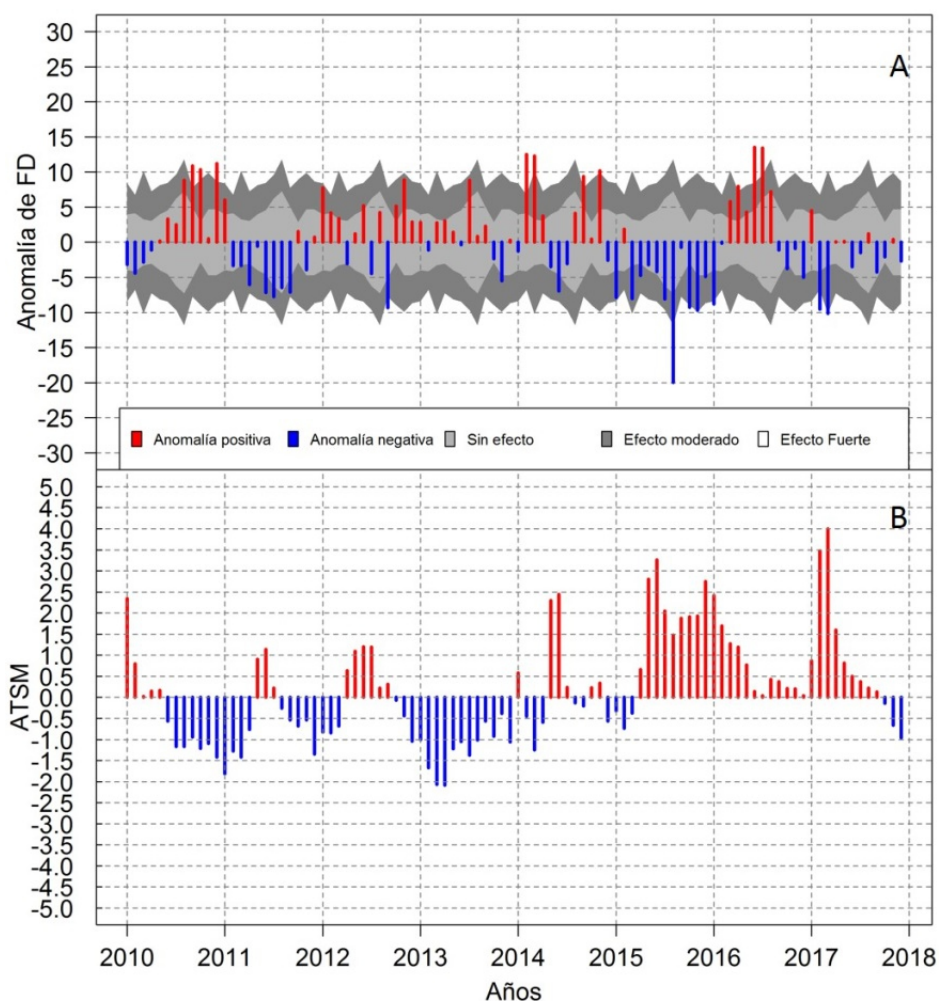


Figura 1. A) Anomalías de fracción desovante o índice de actividad de desove (FD o IAD) y B) Anomalia de temperatura superficial del mar de anchoveta peruana *Engraulis ringens* desde el 2010 hasta el 2017.

En el año 2017, en el periodo que se desarrolló El Niño Costero, en el mes de enero la anomalía positiva de FD mostró un “efecto moderado” que coincidió con el inicio de El Niño Costero (“calentamiento rápido”) que se tradujo en un incremento de la temperatura superficial del mar. Los meses de febrero y marzo presentaron anomalías negativas de FD con “efecto fuerte”, periodo en el cual El Niño Costero mostró el mayor incremento de la temperatura superficial del mar (“maduración y llegada de otra onda Kelvin”). Finalmente, en la última etapa de El Niño Costero (“decaimiento”), donde hubo una disminución en

la anomalía positiva de la temperatura superficial del mar, la anchoveta peruana presentó un valor de anomalía positiva de FD que estuvo dentro de la categoría de “sin efecto” (Fig. 1A y Fig. 2). Por otro lado, el IGS, en los primeros meses de El Niño Costero, (enero y febrero) presentó anomalías positivas de “efecto moderado”; mientras que, en el mes de marzo se observó anomalía negativa de “efecto fuerte”. En la etapa de decaimiento, el IGS, en general, mostró anomalías negativas de “efecto moderado” (abril y junio) y “sin efecto” (mayo) (Fig. 3).

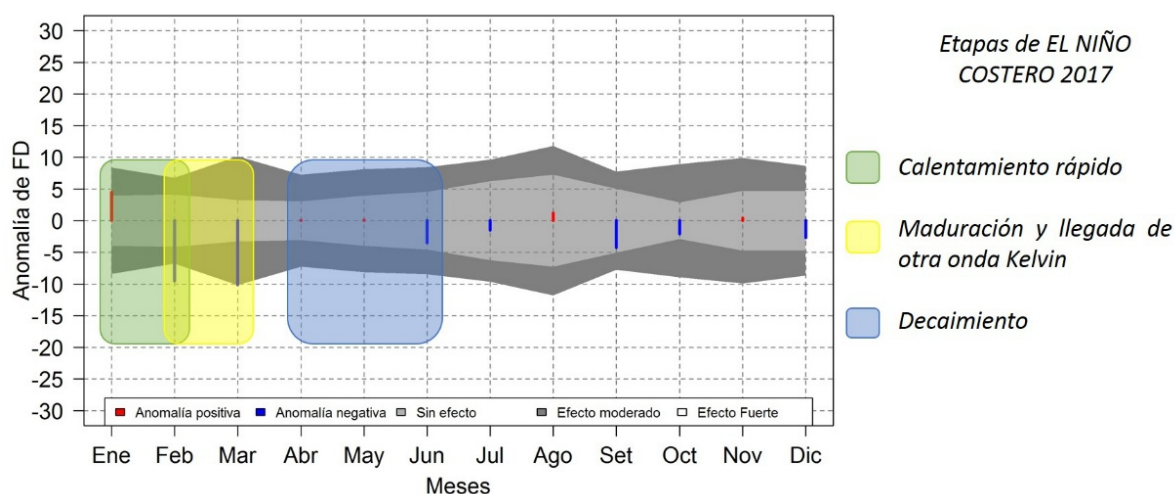


Figura 2. Anomalías de fracción desovante o índice de actividad de desove (FD o IAD) de anchoveta peruana *Engraulis ringens* y su categorización durante el 2017, mostrando las etapas de El Niño Costero 2017.

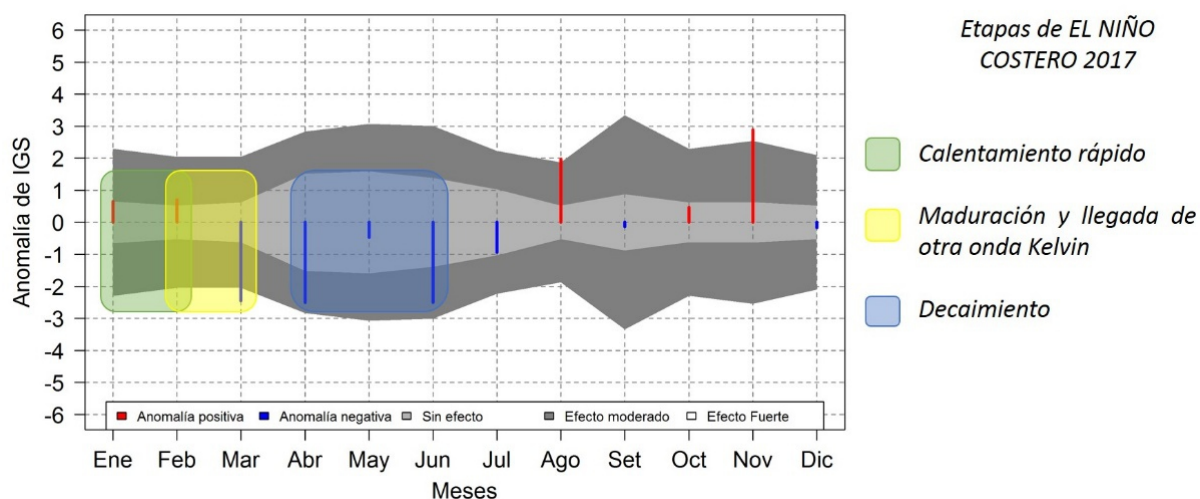


Figura 3. Anomalías del índice gonadosomático (IGS) de anchoveta peruana *Engraulis ringens* y su categorización durante el 2017, mostrando las etapas de El Niño Costero 2017.

DISCUSIÓN

Las anomalías de los indicadores reproductivos permiten observar los impactos que se generan en la reproducción del recurso, como respuesta a los diferentes procesos ambientales que presenta el mar (Perea et al., 2015). Es escasa la información bibliográfica donde se registren estudios similares a este, donde se relacionen anomalías de índices reproductivos con las de la temperatura superficial

del mar, debido a que, entre otros factores, se requiere de una nutrida cantidad de datos registrados periódicamente que permitan adecuados cálculos de estas anomalías, lo cual, en el presente trabajo, ha sido posible debido al constante monitoreo de la condición reproductiva del recurso, así como de las condiciones oceanográficas del mar peruano.

Los Engraulidos son una familia estenotérmica, los cuales tienen una ventana óptima de temperatura

para poder reproducirse (Lluch – Belda *et al.*, 1991), y al igual que otras especies de peces tratan de adaptarse a distintas situaciones ambientales con diferentes estrategias reproductivas con el fin de asegurar su reproducción (Wootton, 1990). En el evento El Niño Costero 2017, la anchoveta peruana mostró un comportamiento reproductivo diferente a su patrón histórico, tanto en la fracción desovante (que involucra el desove directamente) como en el índice gonadosomático (que involucra maduración y desove), adoptando una estrategia reproductiva que le permitió asegurar un desove de verano. Así, en el mes de enero (calentamiento rápido), las anomalías positivas de FD e IGS tuvieron valores que determinaron un “efecto moderado” positivo dentro de la maduración y desove del recurso, como una posible estrategia ante el fuerte calentamiento que se produciría en los meses de febrero y marzo, época en la cual la anchoveta peruana presenta su periodo secundario de desove. En el mes de febrero (“maduración y llegada de otra onda Kelvin”), se observó en la FD una anomalía negativa de “efecto fuerte”; mientras que, en el IGS la anomalía positiva fue de “efecto moderado”. Esta anomalía negativa con “efecto fuerte” para la FD es explicada porque, normalmente, en el mes de febrero se produce el “pico de desove” de verano, el cual fue afectado por el evento El Niño Costero 2017. En el caso del IGS, la anomalía positiva de “efecto moderado” se explica debido a que, en el evento El Niño Costero 2017, a pesar que la mayor actividad reproductiva se observó en el mes de enero, en el mes de febrero aún se observó una importante frecuencia de hembras con gónadas maduras. Finalmente, en el mes de marzo (“decaimiento”), tanto la FD como el IGS mostraron anomalías negativas de “efecto fuerte”, debido a que, generalmente, en este mes ambos indicadores comienzan su disminución porque el proceso reproductivo inicia su declinación; sin embargo, en el evento El Niño Costero 2017 se presentaron valores bajos de ambos índices, debido a que el recurso estuvo ingresando a su etapa de reposo gonadal producto del impacto ocasionado por este evento en su reproducción.

La anchoveta peruana, ante la llegada del evento El Niño Costero 2017, se adaptó a las cambiantes condiciones oceanográficas adelantando su desove de verano al mes de enero, lo que produjo una anomalía positiva de “efecto moderado” en ese

mes, siendo una estrategia reproductiva mostrada frente a estas condiciones. Mori *et al.* (2011), indican que las anomalías estandarizadas de IGS y FD siguen patrones similares a los índices de variabilidad ambiental, basados en datos de temperatura, oxígeno y termoclina estimados y tratados para la misma zona (Swartzman *et al.*, 2008; Chávez *et al.*, 2009); además, los cambios en el ciclo reproductivo de las especies están relacionados o influenciados por los cambios en el ambiente (Agostini & Bakun, 2002; Basilone *et al.*, 2006; Brochier *et al.*, 2010); por ello, es prudente pensar que, ante cambios en su medio, el recurso puede mostrar como respuesta una variación en su comportamiento reproductivo. Bouchon *et al.* (2010) mencionan que la anchoveta peruana no se comporta igual frente a todos los eventos El Niño, afectando sus periodos reproductivos, teniendo impacto en la intensidad de desove y causando desfases en sus épocas donde presentan mayor intensidad. Esto ocurre debido a que estos eventos cálidos fuertes, generan estrés por el incremento de la temperatura, calidad del alimento y competencia intra-específica. Hernández-Satoro *et al.* (2019a) analizan el comportamiento reproductivo de *E. ringens* durante 1997 y 2016 frente a eventos El Niño, mencionando que durante periodos cálidos hay un cambio en el patrón reproductivo, tanto en ocurrencia como en intensidad, mostrando un retraso en el inicio de la actividad reproductiva y una disminución en la intensidad. Además, analizan en el norte de Chile las temperaturas superficiales del mar desde 1988 hasta 2017; obteniendo 3 periodos importantes: 1988 a 1993, 1993 a 2009 y 2009 al 2017. Estos 3 periodos son relacionados con cambios en el comportamiento de la actividad reproductiva de *E. ringens*, donde se muestra que, los cambios ambientales tienen una afección directa en el comportamiento reproductivo de esta especie.

En el evento El Niño Costero 2017, podemos observar que la FD presentó anomalía negativa que generó un “efecto fuerte” en los meses de febrero y marzo; mientras que, en el IGS se observó esta anomalía negativa con “efecto fuerte” en el mes de marzo. Esta diferencia se debe a que el desove es un evento mucho más sensible a cambios ambientales que el proceso de maduración gonadal del individuo, siendo la temperatura óptima un impulsor de las actividades reproductivas (Motos *et al.*, 1996); contemplando el cálculo de la

fracción desovante específicamente a las hembras en fase desovante, en tanto que el índice gonadosomático aumenta conforme se incrementa la maduración gonadal (Buitrón *et al.*, 2011). Por estas razones, el IGS es un índice menos sensible a cambios ambientales que la FD; observándose el impacto en la maduración (relacionado al IGS) si el cambio en las condiciones ambientales se mantiene en el tiempo; mientras que, el desove (relacionado a la FD) muestra ser más sensible a estos cambios, lo que hace que las anomalías de IGS tomen más tiempo en mostrar el impacto que produce un cambio ambiental en la reproducción.

Por otro lado, muchas especies tienen patrones de desove adaptados para coincidir el comienzo de la alimentación de las larvas con el incremento de la producción primaria y secundaria ocurrida en primavera (Cushing, 1969). Hernández-Santoro *et al.* (2019b) mencionan que el incremento gradual de la temperatura del mar en el norte de Chile provoca escasez del alimento para juveniles y adultos de anchoveta peruana *E. ringens*. Es por esto, que observamos diferentes estrategias reproductivas del recurso frente a cambios en la temperatura del mar con el fin de garantizar la supervivencia de sus larvas.

Finalmente, la adaptabilidad de la anchoveta peruana ante los diferentes cambios climáticos (como el evento El Niño o La Niña), que le ha permitido tener el éxito reproductivo que se traduce en el mantenimiento de su población en el tiempo, es un factor a tener muy presente en las evaluaciones que buscan predecir su comportamiento reproductivo ante estos cambios, debido a que el recurso posee múltiples estrategias para afrontarlos y las va aplicando sin tener un patrón de comportamiento reproductivo determinado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostini, V.N. & Bakun, A. 2002. 'Ocean triads' in the Mediterranean Sea: Physical mechanisms potentially structuring reproductive habitat suitability (with example application to European anchovy, *Engraulis encrasicolus*). Fisheries Oceanography, 11: 129–142.
- Basilone, G.; Guisande, C.; Patti, B.; Mazzola, S.; Cuttitta, A.; Bonnanno, A.; Vergara, A.R. & Maneiro, I. 2006. Effect of habitat conditions on reproduction of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Strait of Sicily. Fisheries Oceanography, 15: 271–280.
- Bouchon, M.; Ayón, P.; Mori, J.; Peña, C.; Espinoza, P.; Hutchings, L.; Buitrón, B.; Perea, A.; Goicochea, C. & Messie, M. 2010. Biología de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*, Jenyns). Boletín Instituto del Mar Perú, 25: 23-30.
- Brochier, T.; Lett, C. & Fréon, P. 2010. Investigating the 'northern Humboldt paradox' from model comparisons of small pelagic fish reproductive strategies in eastern boundary upwelling ecosystems. Fish and Fisheries, 12: 1–16.
- 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.
- Buitrón, B.; Mori, J.; Perea, A.; Sánchez, J. & Quispe, C. En prensa. Madurez gonadal e índice gonadosomático de la anchoveta peruana *Engraulis ringens*, 1961 a 2015. Informe interno IMARPE.
- Cushing, D. 1969. Upwelling and fish production. FAO Fish. Tech. Pap. 84, 1–40.
- Chavez, F.; Ñiquen, M.; Csirke, J.; Bertrand, A.; Wostnitza, C. & Guevara-Carrasco, R. 2009. Fifth international panel on the anchoveta towards an ecosystem approach to fisheries. Globec international newsletter, 15: 14–15.
- Echevin, V.M.; Colas, F.; Espinoza-Morriberon, D.; Anculle, T.; Vasquez, L. & Gutierrez, D. 2018. Forcings and evolution of the 2017 coastal El Niño off Northern Peru and Ecuador. Frontiers in Marine Science, 5, 367.
- Garreaud, R. 2018. A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. International Journal of Climatology, 38: e1296-e1302.
- Hernández-Santoro, C., Landaeta, M. F., & Castillo-Pizarro, J. 2019a. Effect of ENSO on the distribution and concentration of catches and reproductive activity of anchovy *Engraulis ringens* in northern Chile. Fisheries Oceanography, 28: 241-255.

- Hernández-Santoro, C., Contreras-Reyes, J. E., & Landaeta, M. F. 2019b. Intra-seasonal variability of sea surface temperature influences phenological decoupling in anchovy (*Engraulis ringens*). *Journal of Sea Research*, 152: 101765.
- Lluch-Belda, D.; Lluch-Cota, D.; Hernandez-Vazquez, S.; Salinas-Zavala, C. & Schwartzlose, R. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and Upwell in the California current system. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report*. 32. 105-111.
- Perea, A.; 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.
- Mori, J.; Perea, A.; Buitrón, B.; Peña, C. & Espinosa, C. 2011. Variabilidad interanual en la estrategia reproductiva de la anchoveta peruana en la región norte-centro del litoral del Perú. *Ciencias Marinas*, 37: 513–525.
- Motos, L.; Uriarte, A. & Valencia, V. 1996. The spawning environment of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). *Scientia Marina*, 60: 117–140.
- Swartzman, G., Bertrand, A.; Gutiérrez, M.; Bertrand, S. & Vasquez, L. 2008. The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. *Progress in Oceanography*, 79: 228–237.
- Takahashi, K. & Martínez, A. G. 2019. The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. *Climate Dynamics*, 52: 7389.
- Vazzoler, A. 1982. Manual y métodos para estudios biológicos de poblaciones de Peixes. *Reproducción y Crecimiento*. CNP/PN2, 108 pp.
- Wootton, R. 1990. *Ecology of teleost fishes*. Chapman and Hall Eds. London, pp. 178.

Received May 14, 2019.
Accepted October 8, 2019.