

2024

Informe de
INVESTIGACIÓN

004-24

NO-2024-17311961-APN-DNI#INIDEP
19/02/2024

Crecimiento y condición nutricional de juveniles de *Engraulis anchoita* en el área bonaerense en otoño de 2022

Marina Do Souto, Daniel R. Brown, Ezequiel Leonarduzzi, Stefanía Cohen, Marina V. Diaz

Dirección: Pesquería de Peces.

Área: Pesquerías de Peces Pelágicos.

Citar como:

Do Souto M, Brown DR, Leonarduzzi E, Cohen S., Diaz MV. 2024. Crecimiento y condición nutricional de juveniles de Engraulis anchoita en el área bonaerense en otoño de 2022. Inf Investigación INIDEP N° 004/24, 15 pp.



Crecimiento y condición nutricional de juveniles de *Engraulis anchoita* en el área bonaerense en otoño de 2022

^{1,2} Marina Do Souto; ¹ Daniel R. Brown; ¹ Ezequiel Leonarduzzi; ^{1,2} Stefanía Cohen; ^{1,2} Marina V. Díaz

- ¹ Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- ² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET – CCT Mar del Plata)

Resumen

En este trabajo el objetivo principal fue evaluar el crecimiento y la condición nutricional de juveniles de la anchoíta argentina, *Engraulis anchoita*, utilizando las técnicas de análisis de la microestructura de los otolitos y el índice ARN/ADN de condición nutricional. Los juveniles pequeños (< 10 cm de largo total) de *E. anchoita* se encuentran generalmente sub-representados en las capturas durante las campañas de investigación, debido a que por su tamaño escapan las redes de pesca destinada a los adultos y son lo suficientemente veloces como para evitar ser alcanzadas por las redes planctónicas. Por ello, su hallazgo es muy ocasional y son un estadio de vida de gran interés para la comprensión del reclutamiento de la especie. Los individuos aquí estudiados fueron colectados en una campaña de investigación realizada en el mes de junio de 2022 con el *stock* bonaerense de esta especie como objeto de estudio. Los principales resultados indicaron que los valores de los espesores de los otolitos respecto de la edad y del mes de su formación fueron disminuyendo con el avance de la temporada, presentando los valores mínimos en el mes de junio. El crecimiento diario de los otolitos varió con la edad; los espesores presentaron un aumento en forma lineal hasta los primeros 40 días de vida, luego alcanzaron un valor máximo y, posteriormente a esa edad, presentaron una disminución, generando la forma acampanada típica de crecimiento de los engraulidos. Los individuos con más de 100 días de vida al momento de su captura presentaron crecimientos máximos con valores que no fueron alcanzados por los individuos menores a 100 días de edad. Los motivos de estas diferencias en el crecimiento pueden adjudicarse a cambios en la temperatura debido a la estacionalidad, a un cambio en la disponibilidad de alimento apropiado o a ambos. Estas diferencias en el crecimiento en principio no se condijeron con lo observado respecto a la condición nutricional, ya que éste índice fue menor en los individuos de mayor crecimiento, probablemente respondiendo a un fenómeno ontogénico. La disminución de la condición nutricional detectada a partir de los 100 días de vida coincide con momento del cambio promedio en la curva de crecimiento de los individuos, lo que podría responder al proceso de la metamorfosis, en donde el crecimiento larval lineal es intervenido por diversos procesos fisiológicos asociados al desarrollo de la forma juvenil.

Palabras Clave

anchoíta argentina, juveniles, *E. anchoita*, crecimiento, condición nutricional, índice ARN/ADN

Introducción

La anchoíta argentina *Engraulis anchoita* (Hubbs & Marini 1935) pertenece a la clase Actinopterygii, orden Clupeiformes y familia Engraulidae, y presenta una amplia distribución latitudinal, desde el sur de Brasil (24°S) hasta la Patagonia (48°S). A su vez se distribuye desde aguas relativamente someras hasta fuera del talud continental (Angelescu 1982). Es una especie eurihalina y euritérmica, habitan en rangos amplios de salinidad (14-35) y de temperatura (8-28°C), y sus mayores concentraciones se ubican en donde los gradientes de estos dos factores son particularmente marcados (Hansen 2000). En Argentina se distinguen dos *stocks* de *E. anchoita*: 1) el *stock* bonaerense, situado al norte de los 41°S y 2) el *stock* patagónico, localizado entre los 41°S y 46°S (Sánchez 1995). La anchoíta argentina del *stock* bonaerense inicia su actividad reproductiva en el mes de septiembre, y entre los meses de octubre y noviembre la actividad se extiende hacia el sur (Pájaro et al. 2008).



La dinámica de las poblaciones de los peces Clupeiformes frecuentemente se ve impactada por las variaciones ambientales (Sánchez 1995). Los factores que afectan la supervivencia de estos primeros estadios pueden ser tanto físicos (temperatura, salinidad, corrientes, entre otros) como trofodinámicos: inanición y depredación (Houde 2008). La incidencia de tales factores en las etapas iniciales de la ontogenia puede afectar el éxito de una clase anual (Hjort 1926, Houde 2008). Un crecimiento rápido resulta benéfico para la supervivencia del individuo ya que disminuyen las probabilidades de mortalidad por depredación al adquirir un mayor tamaño en menor tiempo (Leggett & Deblois 1994).

El análisis de la microestructura de los otolitos, a través del cual se logra la determinación de la edad, la reconstrucción diaria de la tasa de crecimiento y el cálculo poblacional de la mortalidad, es la metodología más utilizada en el estudio de edad y crecimiento de larvas y juveniles de peces (Baumann et al. 2003, Brown & Sánchez 2010). Por otro lado, el análisis de la condición nutricional a través del índice ARN/ADN constituye otra metodología muy utilizada que permite evaluar el estado fisiológico de las larvas y juveniles de peces. Este índice refleja la situación ambiental inmediata a la que han estado expuestos los ejemplares. El principio teórico de esta metodología considera que la cantidad de ADN es virtualmente constante en células somáticas, mientras que el ARN presente en los tejidos es directamente proporcional a la síntesis proteica (Clemmesen 1994, Bailey et al. 1995, Diaz et al. 2013). Un mayor índice ARN/ADN implica una mayor síntesis proteica y, por lo tanto, una mejor condición nutricional (Clemmesen 1994, Bailey et al. 1995). Ambas técnicas tanto de crecimiento como de condición nutricional han sido utilizadas para caracterizar el estado fisiológico de larvas de esta especie (Do Souto et al. 2018, 2019a, 2019b).

Engraulis anchoita se caracteriza por ser un desovante múltiple con fecundidad anual indeterminada y elevada (Pájaro et al. 1997). Cada hembra pone huevos varias veces durante toda la temporada reproductiva, formando sitios con grandes concentraciones de huevos y larvas (Leonarduzzi et al. 2021). Éstos se encuentran durante todo el año, con máximas de abundancias durante la primavera y el verano (Ciechomski & Sánchez 1984, Leonarduzzi et al. 2021). El *stock* bonaerense es el de mayor biomasa de los dos y es el que sostiene la pesquería (Buratti et al. 2020). La captura se ha mantenido por debajo del límite de captura total permitido y actualmente se considera un recurso sub-explotado (Orlando et al. 2019, Ciancio et al. 2020). Sin embargo, la comprensión de la biología, ecología y dinámica poblacional de especies sub-explotadas, permite establecer medidas de gestión preventivas para evitar la sobreexplotación antes de que comience. Además, constituye una reserva de alimento, y proporciona una línea de base para evaluar cambios en los ecosistemas acuáticos a lo largo del tiempo. Esto es esencial para identificar posibles impactos derivados de la actividad humana o el cambio climático y la toma de medidas correctivas a tiempo.

Durante las primaveras de 2019 y 2020 el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) realizó dos campañas de investigación con el objetivo de evaluar la abundancia de anchoíta del *stock* bonaerense, en la principal época de desove conocida. Sin embargo, no se cuenta con información suficiente respecto del aporte de los individuos nacidos a fines de verano a la biomasa total. Otras campañas de investigación con especies objetivo distintas a la anchoíta argentina y realizadas en el área bonaerense durante el otoño y el invierno han revelado la presencia de grandes abundancias de larvas y juveniles pequeños de la especie. Por ello, se realizó una campaña de investigación en junio de 2022 para evaluar la abundancia y caracterizar la estructura de longitudes y edades de *E. anchoita*, la cual incluyó la toma de muestras de larvas y juveniles pequeños, conocidos vulgarmente como “cría blanca”. Estos ejemplares suelen ser capturados en baja proporción a través de artes de pesca destinados a los adultos por su pequeño tamaño, y son lo suficientemente veloces como para evitar ser atrapados con redes

planctónicas. Por ello su hallazgo es muy ocasional y son de interés para incrementar los conocimientos de procesos que pueden impactar el reclutamiento de la especie.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis del crecimiento y de la condición nutricional de estos individuos colectados a fines de otoño/principios de invierno del año 2022.

Materiales y Métodos

Área de estudio y procesamiento a bordo

La campaña de investigación codificada como MA-06-22 se realizó a bordo del BIPO Mar Argentino (INIDEP) entre el 8 y 16 de junio de 2022 desde el sur de Uruguay hasta el norte de la provincia de Buenos Aires; se analizó en forma acústica desde las cercanías de la costa hasta la isobata de 50 m (Figura 1). Se utilizó una Multi-red marca HydroBios con una boca de 0,5 x 0,5 m y equipada con 3 redes de 200 μm de tamaño de malla y colectores blandos. Los muestreos con dicha red fueron oblicuos, desde profundidades cercanas al fondo hasta la superficie, a velocidad entre 2 y 3 nudos. Se realizó un total de 27 estaciones, 13 preestablecidas y 14 luego de los lances de pesca. A bordo se revisaron las muestras y se separaron larvas y juveniles de anchoíta. Tanto de la Multi-red como en lances de pesca se retiraron juveniles pequeños de anchoíta ($n = 98$) denominados vulgarmente “cría blanca”, los cuales fueron almacenados en nitrógeno líquido para las posteriores determinaciones de edad, crecimiento diario y condición nutricional en el laboratorio de Ictioplancton (Figura 1).

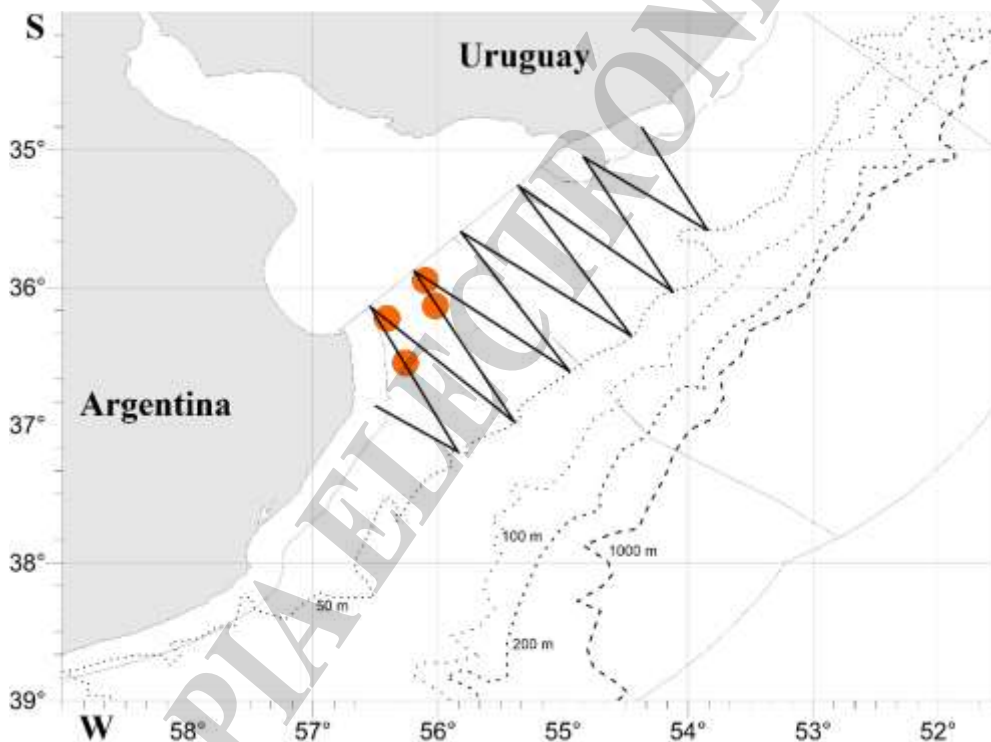


Figura 1: Derrotero del barco BIPO Mar Argentino durante la campaña MA-06-22 (línea negra) y posición dónde se obtuvieron juveniles de anchoíta (círculos naranjas).



Determinación de edad y crecimiento diario

Los juveniles de anchoíta fueron medidos en su longitud total (LT) al milímetro. Posteriormente se extrajeron sus otolitos *sagittae* bajo lupa y se montaron en un medio transparente. Luego de un secado de 48 hs., se realizó el análisis de la microestructura utilizando un microscopio óptico en los aumentos de 400 X y 1000 X. En los casos que fue necesario, se pulieron los preparados hasta integrar todos los incrementos en un mismo plano y facilitar la lectura. Se determinó la edad de cada individuo, contando el número de incrementos de crecimiento diarios a lo largo del eje del radio mayor del otolito, desde el núcleo hasta el borde, y se midió el espesor de cada anillo diario (μm). El dato de edad (n° de incrementos diarios) se consideró válido cuando las diferencias entre los números de incrementos del mismo par de otolitos fueron menores o iguales al 10%. Las mediciones se realizaron con un software de procesamiento digital de imágenes de acuerdo a Brown et al. (2008). Se establecieron dos criterios de análisis para los grupos etarios; el primero consistió en dividir a números de individuos en intervalos de aproximadamente 25 días de vida de diferencia (50-75/75-100/100-125/125-155); mientras que el segundo consistió en dividir al número de individuos en dos grupos: mayores y menores a 100 días de vida.

Determinación de la condición nutricional

Para la obtención de los índices ARN/ADN se utilizó el protocolo descrito por Caldarone et al. (2001), junto con las modificaciones de Diaz & Pájaro (2012), a través de la determinación de concentraciones de ácidos nucleicos por espectro-fluorescencia. Se realizó la extracción de ácidos nucleicos mediante la lisis celular por medio de Sarcosil Tris EDTA 1% y agitación durante 1 hora. Luego se centrifugó por 15 min a 13.400 rpm. Del sobrenadante obtenido de cada ejemplar se tomaron 100 μl y se llevaron a un volumen de 1000 μl agregando 850 μl de Tris EDTA Buffer y 50 μl de Bromuro de Etidio (0,1 mg/ml) como fluorocromo. Las determinaciones fueron realizadas empleando un espectrofluorómetro Perkin Elmer (Ex: 360 nm y Em: 590 nm). Para cada individuo se registraron dos lecturas: la inicial correspondiente a los ácidos nucleicos totales, y la segunda luego del agregado de 50 μl de enzima ARNasa (ARNasa A de páncreas bovino, Sigma R 6513) en una concentración de 20U/ml e incubación durante 30 min a temperatura ambiente correspondiente al contenido de ADN. La cantidad de ARN presente en cada una de los ejemplares se calculó por diferencia entre ambas lecturas. La determinación de la concentración de ácidos nucleicos se realizó por interpolaciones de una curva de calibración elaborada el mismo día del análisis.

El cociente ADN/ARN (RD) se calculó para cada individuo. Todos los valores RD fueron estandarizados (RDs) de acuerdo al procedimiento descrito por Caldarone et al. (2006), utilizando el valor de pendiente de referencia de 2,4. El valor promedio para la pendiente de las curvas de calibración obtenidas en el presente estudio fue $3,12 \pm 0,89$ (promedio \pm DS).

Análisis de datos

Todos los gráficos y análisis de datos se realizaron en R (R Development Core Team, 2023). Se ajustó un modelo lineal a los datos de LT y edad en días al momento de captura de los individuos. Se analizó gráficamente la diferencia entre los espesores de los incrementos por edad y día juliano de formación del año 2022 (DJ, siendo el 1^o de enero el DJ 1 y el 31 de diciembre el DJ 365), por grupos etarios, y por mes.



Se propuso un modelo lineal generalizado mixto para analizar las diferencias de los espesores diarios de los otolitos respecto de su edad y el día del año, teniendo en cuenta la autocorrelación existente dentro de cada individuo. Para ello se utilizó una distribución de errores tipo Gamma con función de enlace *log*. Se consideraron edades de hasta 40 días para ajustar el modelo, dado que en dicho intervalo el crecimiento se visualizó como lineal en forma gráfica para todos los rangos etarios. La fórmula del modelo aplicado es:

$$\text{Espesor} \sim \text{Edad} + \text{DJ} + (1 \mid \text{Individuo}) \quad (1)$$

Donde la variable Espesor (μm) es explicada por la Edad (días) al momento de su formación, por el día del año (DJ), y contemplando a cada Individuo como factor aleatorio para considerar la autocorrelación del crecimiento dentro de cada otolito. El modelo propuesto se contrastó con un modelo nulo a través de una prueba de Wald para testear la significancia de los factores fijos propuestos (Edad y DJ).

Finalmente, la condición nutricional (RDs) se analizó en forma gráfica a través de un diagrama de violín agrupando a los individuos por grupos etarios, y posteriormente a la verificación de los supuestos, se realizó un modelo lineal entre el logaritmo natural de RDs y el logaritmo natural de la edad de los individuos al momento de captura. La fórmula del modelo es:

$$\text{Log (RDs)} \sim \text{Log (Edad Final)} \quad (2)$$

Resultados

La estimación de la edad de los ejemplares analizados estuvo comprendida entre 50 y 155 días. El número de individuos por edad estuvo bien representado y no se observaron faltantes para la construcción del modelo LT-Edad. La pendiente del ajuste lineal a los datos LT (cm) – Edad (días) para los juveniles de *E. anchoita* reveló una tasa de crecimiento de $0,042 \text{ cm día}^{-1}$. El tamaño de los individuos a la edad 0 (determinada a partir de la ordenada al origen de la regresión) fue de $0,334 \text{ cm}$ (Figura 2).

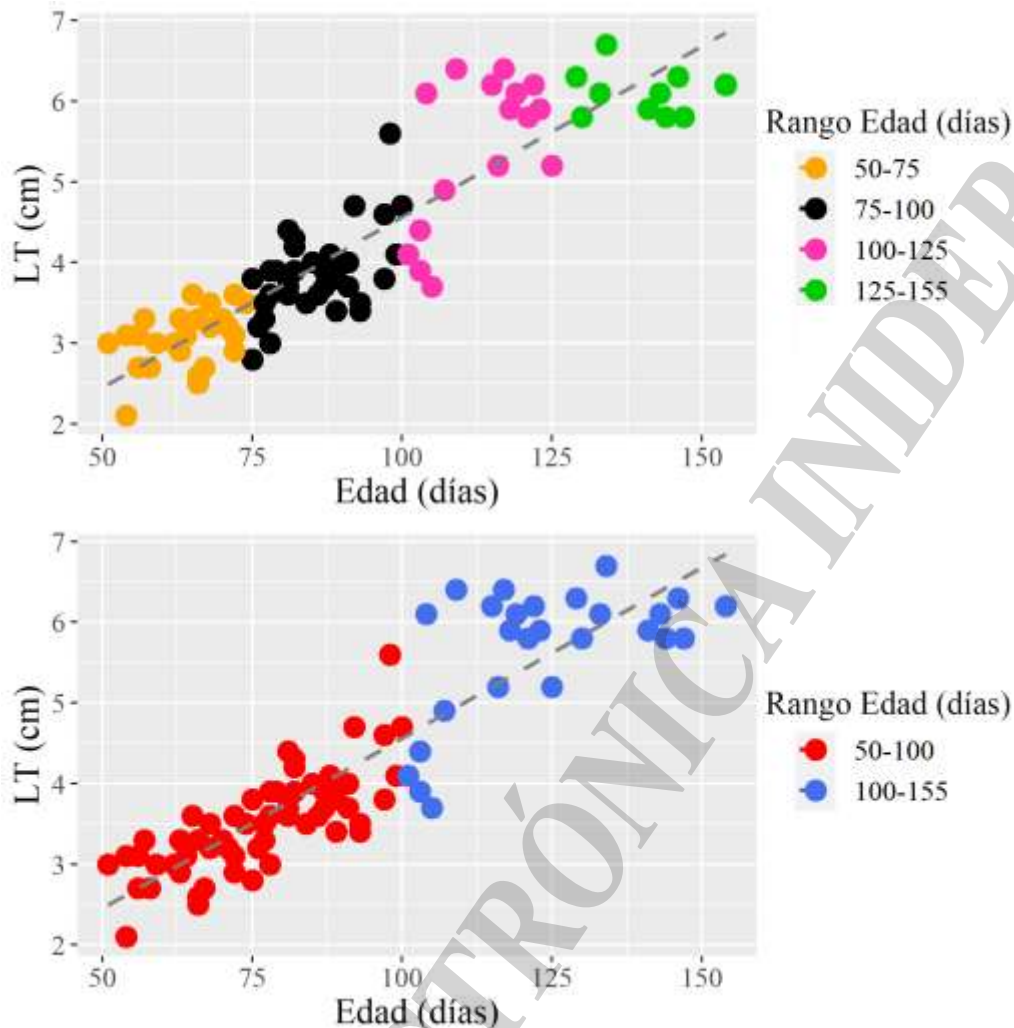


Figura 2: Longitud total (LT, cm) de los juveniles de *Engraulis anchoita* en el área bonaerense respecto de su edad al momento de captura (días) y su regresión lineal ($y = 0,042x + 0,334$; $R^2=0,79$), considerando los dos criterios para los rangos etarios utilizados.

Al graficar los valores de los espesores de los distintos grupos etarios por día del año (DJ) se observaron diferencias entre los mismos, observándose una tendencia a mayores valores en los incrementos de los meses de marzo y abril, y en particular en los incrementos de los individuos nacidos en los meses de enero y febrero (Figura 3). Manteniendo el mismo criterio de agrupación por rango de edades, al analizar los espesores de los incrementos por edad también se observaron tendencias diferentes entre los grupos; los individuos mayores al momento de su captura presentaron incrementos más anchos a las mismas edades que los individuos más jóvenes (Figura 4).

Por otro lado, el ancho de los espesores respondió significativamente a la edad y al día de su formación; el crecimiento de los espesores fue positivo con la edad y negativo con el día del año (Tabla 1).

Tabla 1. Modelo Lineal Generalizado Mixto para los espesores (μm) de juveniles de *Engraulis anchoita*, considerando la edad (días) y el día del año (DJ) al momento de su formación. Nivel de significancia: 0 ‘***’.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> z)
(Intercept)	0,616	0,003	214,259	<2e-16 ***
Edad	0,036	0,001	55,294	<2e-16 ***
DJ	-0,004	0,0004	-8,679	<2e-16 ***

La media de los valores de los espesores respecto de la edad y del mes de su formación demostró una tendencia decreciente de los valores máximos a medida que se avanza en el año, presentando los mínimos en el mes de junio (Figura 5). Al separar los individuos por sus rangos de edades finales (Figura 6) se observan las tendencias por edad y por día del año, formando curvas con distintos valores máximos según el grupo etario; todos los grupos presentaron una forma acampanada de crecimiento de los espesores, pero los individuos con más de 100 días al momento de su captura alcanzaron crecimientos máximos que no fueron alcanzados en ningún momento por los menores de 100. A su vez, el valor máximo de la campana fue alcanzado a diferentes edades dependiendo el grupo etario, siendo a edades más avanzadas en los individuos mayores a 100 días, y más temprano en los individuos de edades menores a 100 días.

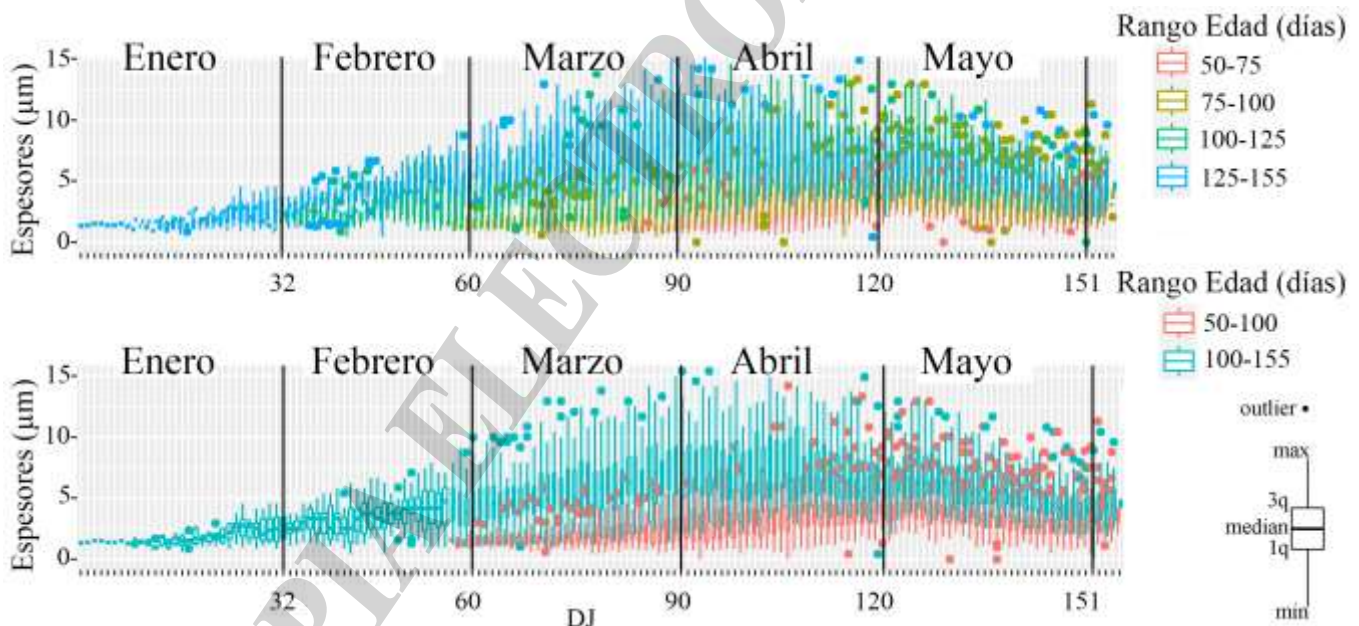


Figura 3: Diagrama de cajas de los espesores diarios del otolito *sagittae* (μm) de juveniles de *Engraulis anchoita* colectados en el área bonaerense en junio 2022, agrupados por su rango de edades. Se indica el día del año (DJ) y el mes correspondiente a la formación de cada incremento diario, considerando los dos criterios para los rangos etarios utilizados.

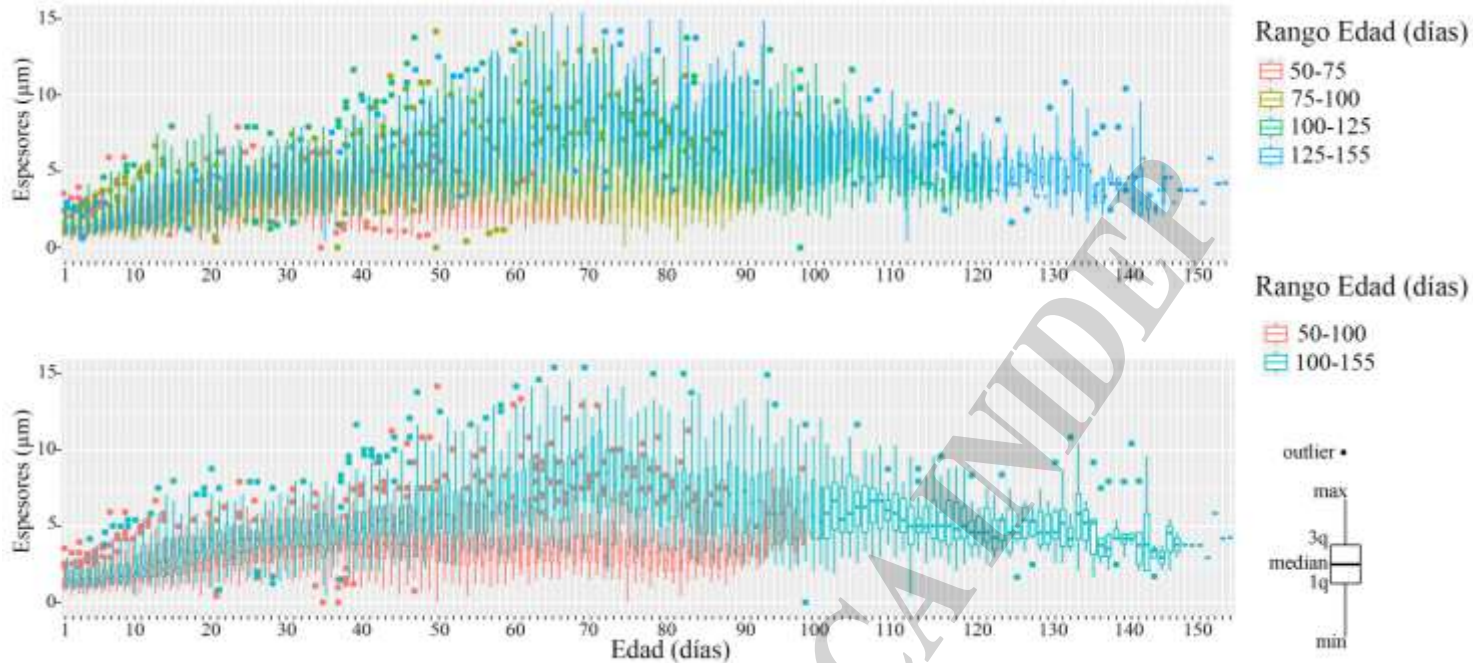


Figura 4: Diagrama de cajas de los espesores diarios del otolito *saggitae* (μm) de juveniles de *Engraulis anchoita* colectados en el área bonaerense en junio 2022, agrupados por su rango de edades. Se indica la edad (días) de cada individuo correspondiente a cada incremento diario, considerando los dos criterios para los rangos etarios utilizados.

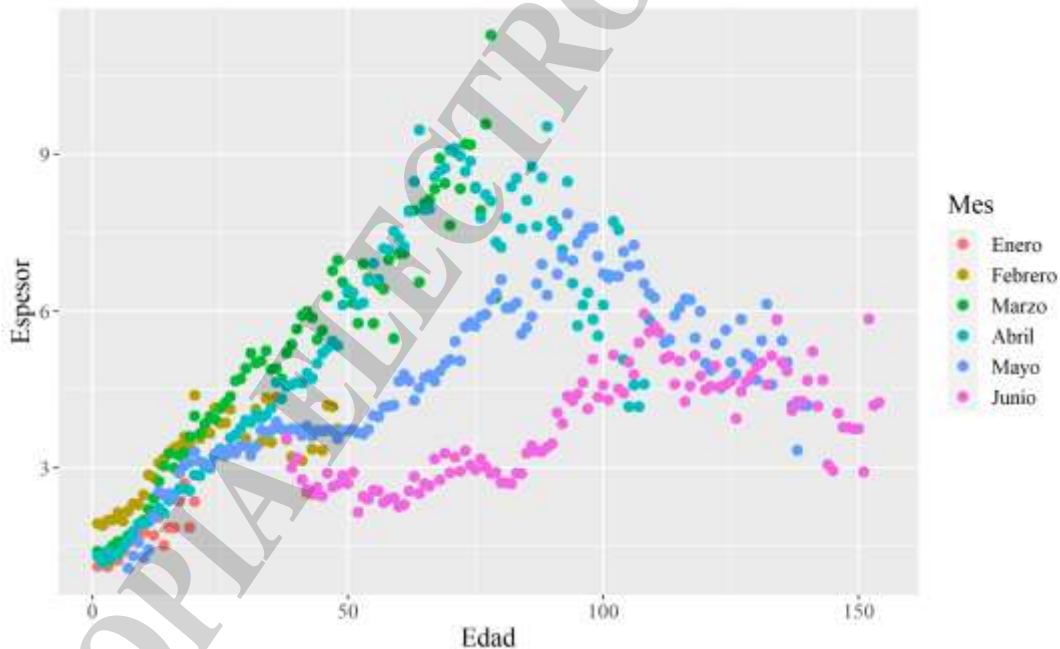


Figura 5: Medias de espesores diarios del otolito *saggitae* (μm) por edad (días) de juveniles de *Engraulis anchoita* colectados en el área bonaerense en junio 2022, agrupados por el mes en el cual se formaron.

La distribución de valores de condición nutricional, por su parte, varió en los diferentes grupos etarios, con una tendencia a disminuir en los individuos de mayor edad (Figura 7). Los máximos valores se hallaron en los juveniles de edades menores a 100 días, tendiendo a disminuir en los de más de 125 días de edad. A su vez, el modelo lineal entre los logaritmos naturales de la condición nutricional y la edad al momento de la captura presentó una pendiente negativa estadísticamente significativa (Tabla 2).

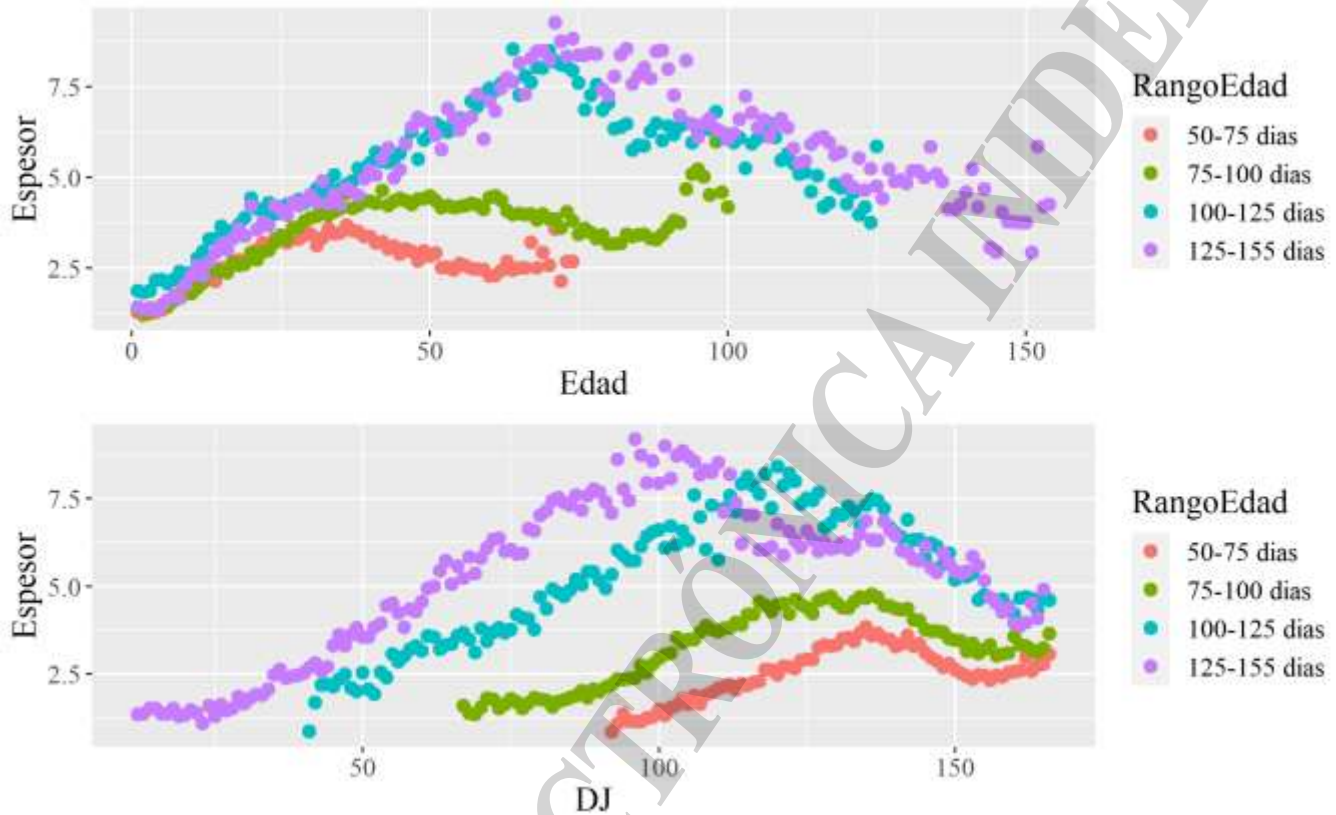


Figura 6: Medias de espesores diarios del otolito *saggitae* (μm) por edad (arriba) y por día del año (abajo) de juveniles de *Engraulis anchoita* colectados en el área bonaerense en junio 2022, agrupados por el rango de edad al momento de la captura.

Tabla 2. Modelo Lineal para el logaritmo natural de la condición nutricional (RDs) de juveniles de *Engraulis anchoita*, y el logaritmo natural de la edad al momento de la captura (Edad Final). Nivel de significancia: 0 '***'.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> z)
(Intercept)	5,57803	0,06017	92,7	<2e-16 ***
log(Edad Final)	-1,03855	0,01321	-78,64	<2e-16 ***

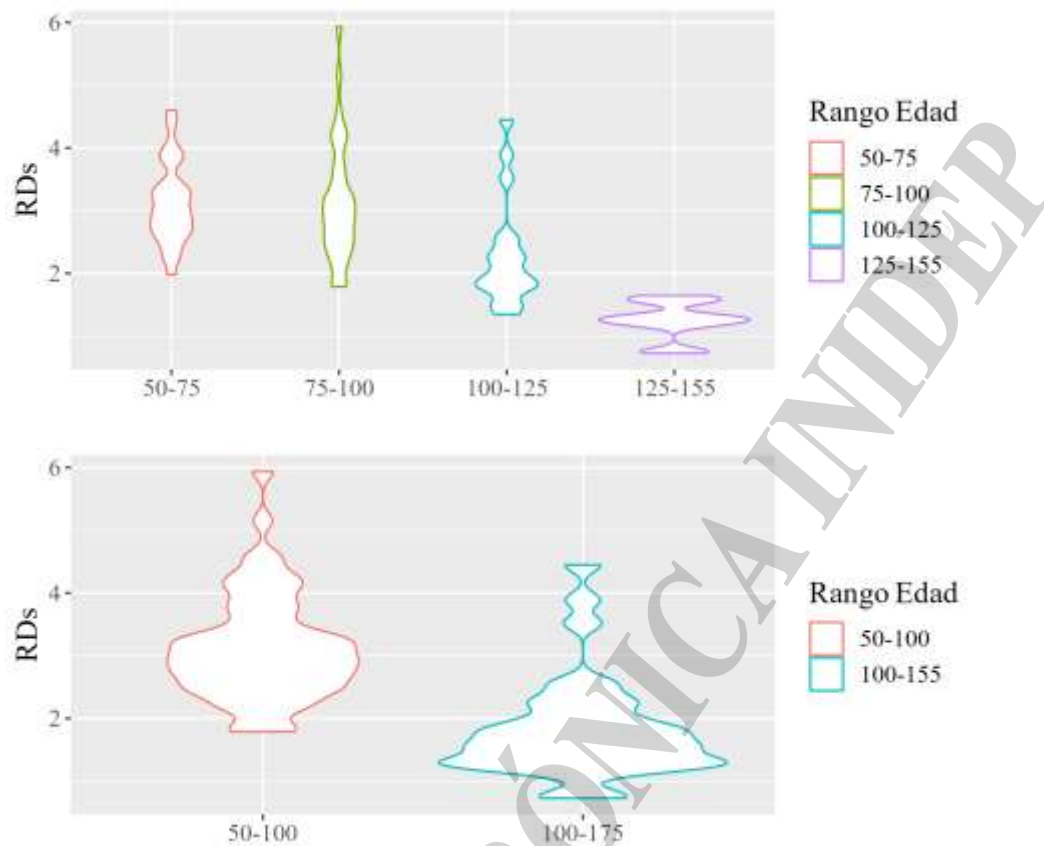


Figura 7: Condición nutricional de juveniles de *Engraulis anchoita* colectados en el área bonaerense en junio 2022 a través del índice ARN/ADN (RDs) respecto de su rango etario (días) al momento de captura, considerando los dos criterios para los rangos etarios utilizados.

Discusión

El modelo lineal de longitud-edad ajustado en este trabajo fue consistente con el realizado en larvas de anchoíta del efectivo patagónico (Brown et al. 2013). Dichos autores analizaron el crecimiento de 227 individuos de *E. anchoita* de hasta 50 días de vida, y la pendiente en la recta longitud-edad fue extremadamente similar (0,043 cm por día frente a 0,042 en el presente trabajo). De esta manera, se puede decir que los juveniles de anchoíta mantendrían la misma tasa de crecimiento hasta los 155 días. La ordenada al origen reportada, considerada comúnmente como el tamaño al cual se deposita el primer incremento, fue menor que la indicada según Brown et al. (2013)- 0,449 cm frente a 0,334 cm. Sin embargo, es probable que esta variación se deba netamente a que en el presente trabajo no se contó con ejemplares representantes de los primeros días de vida (larvas iniciales).

Otro aspecto analizado en este trabajo fue la variación de los espesores de los anillos diarios según el día de vida, el día del año y los meses en que se desarrollaron. En este estudio, los individuos nacidos en enero, febrero, marzo y abril presentaron valores notoriamente mayores de sus espesores que los individuos nacidos en mayo y junio. El crecimiento diario de los espesores del otolito varió por edad y



por época del año; fue lineal en los primeros días de vida, en todos los grupos analizados. El patrón de los espesores con respecto a los días de vida presentó un valor máximo y terminó de forma acampanada, forma típica hallada en los engráulidos (Butler 1989, Allain et al. 2003). Este fenómeno de variaciones en el crecimiento ha sido reportado para otros engráulidos; Aldanondo et al. (2016) realizaron un estudio similar en juveniles de *E. encrasicolus*, en el cual analizaron los espesores diarios durante un período de tres años basándose en el análisis de la microestructura de los otolitos. Las trayectorias de crecimiento de los otolitos mostraron una forma acampanada, cuya altura y amplitud dependieron de la fecha de eclosión; los juveniles nacidos a principios de julio (verano boreal) tuvieron incrementos máximos notablemente más amplios que los individuos nacidos más tarde, lo que resultó en tasas de crecimiento más altas. En el caso de *E. anchoita*, en el stock bonaerense Brown et al. (2011) también reportaron individuos que presentaron crecimientos de forma acampanada, encontrando valores altos en el caso de los individuos que atravesaron una época más cálida, y valores menores en el caso de los que se correspondieron con una época fría. Dichos autores adjudicaron el menor crecimiento en los meses fríos al fenómeno de *overwintering* (retardo del crecimiento diario en la época invernal). Sánchez & Brown (1999) detectaron esta situación en juveniles de sardina fueguina *Sprattus fueguensis* provenientes de la Patagonia austral, que eclosionaron por fuera del período de mayor actividad reproductiva registrado para esta especie.

Los motivos de estas diferencias en el crecimiento pueden adjudicarse a cambios en la temperatura debido a la estacionalidad, a un cambio en la disponibilidad de alimento apropiado, o a la intervención de ambos factores. Do Souto et al. (2019a) observaron que tanto una mayor temperatura como una mayor abundancia de presas influenciaron significativamente el crecimiento larval de *E. anchoita*. Adicionalmente, Do Souto et al. (2019b) al analizar el crecimiento en distintas estaciones del año en el área bonaerense, determinaron que durante el invierno el crecimiento larval era el mínimo reportado, que podría adjudicarse al fenómeno *overwintering*. Sin embargo, Do Souto et al. (2018) detectaron diferencias en el crecimiento diario larval de *E. anchoita* en individuos provenientes de la misma fecha y áreas de iguales temperaturas, pero con diferencias notables en la disponibilidad de presas. En este caso, en el área donde las presas eran más abundantes el crecimiento diario larval fue significativamente mayor. En la anchoveta (*E. ringens*) la temperatura no constituyó un factor determinante en el crecimiento larval, mientras que la disponibilidad de alimento y efectos maternos explicarían las variaciones en las tasas de crecimiento (Contreras et al. 2017). Por lo tanto, ambos efectos (térmicos y de disponibilidad de alimento) deben ser considerados.

Estas diferencias en el crecimiento, en principio, no se correspondieron con lo observado respecto a la condición nutricional, ya que este índice fue menor en los individuos de mayor crecimiento, probablemente respondiendo a un fenómeno ontogénico. La técnica aquí utilizada (ARN/ADN) detecta la condición nutricional asociada a las condiciones ambientales de las últimas 48 hs de vida, y dado que los juveniles obtenidos fueron muestreados con diferencias de tiempo y espacio mínimas entre ellos, las posibles variaciones en su alimentación fueron descartadas. La disminución de la condición nutricional detectada a partir de los 100 días de vida coincidió con el momento del cambio promedio en la curva de crecimiento de los individuos, en donde los espesores luego de los 100 días de vida tienden a disminuir. Esto podría coincidir con el momento de la metamorfosis, en donde el crecimiento larval lineal estaría influenciado por diversos procesos fisiológicos asociados al desarrollo hacia la forma juvenil. Angelescu (1982) determinó que el tamaño de juveniles primarios comienza entre los 3,6 y 6 cm de LT coincidiendo con los 90 y 125 días, si consideramos la ecuación longitud-edad obtenida en el presente trabajo. García Alonso et al. (2021) a través de la misma técnica de análisis de condición nutricional, observaron que en la sardina fueguina *S. fueguensis* el índice RDs disminuye drásticamente durante la metamorfosis frente a



los valores presentados por las larvas en sus estadios de postflexión, correspondiendo al patrón observado en la anchoíta en el presente trabajo.

Cabe resaltar que muchos de los organismos analizados en este informe fueron obtenidos con la red de pesca. Es decir, estaban próximos a ser reclutados al arte, y no provinieron de los desoves principales históricamente asociados con la primavera, en los meses de octubre y noviembre. Esto evidencia la estrategia reproductiva de la anchoíta, la cual ocurre durante todo el año y hace aportes efectivos en cada desove, o al menos durante el fin del verano y comienzo del otoño. Para profundizar en esta hipótesis, se propone repetir la campaña de investigación durante el periodo de enero-febrero con el objetivo de capturar individuos de estos mismos rangos de edades, pero provenientes del desove de primavera. De esta manera se podría comparar el crecimiento y la condición nutricional de los individuos, y analizar las diferencias o similitudes que presenten.

Agradecimientos

Agradecemos al capitán y a la tripulación del BIPO Mar Argentino, y al personal de Operaciones por su tarea fundamental en cada una de las campañas.

Bibliografía

- Aldanondo N, Cotano U, Goikoetxea N, Boyra G, Ibaibarriaga L, Irigoien X. 2016. Interannual differences in growth and hatch-date distributions of early juvenile European anchovy in the Bay of Biscay: implications for recruitment. *Fish Oceanogr.* 25: 147-163.
- Allain G, Petitgas P, Grellier P, Lazure P. 2003. The selection process from larval to juvenile stages of anchova (*Engraulis encrasicolus*) in the Bay of Biscay investigated by Lagrangian simulations and comparative otolith growth. *Fish Oceanogr.* 12: 407-418.
- Angelescu V. 1982. Ecología trófica de la anchoíta del Mar Argentino (Engraulidae, *Engraulis anchoita*). Parte II. Alimentación, comportamiento y relaciones tróficas en el ecosistema. *Contrib Inst Nac Invest Desarr Pesq (Mar del Plata)*. N° 409. 83 p.
- Bailey KM, Canino MF, Napp JN, Spring SM, Brown AL. 1995. Contrasting years of prey level, feeding conditions, and mortality of larval walleye Pollock *Theragra chalcogramma* in the western Gulf of Alaska. *Mar Ecol Prog Ser.* 119: 11-23.
- Baumann H, Pepin P, Davidson F, Mowbray F, Schnack D, Dower J. 2003. Reconstruction of environmental histories to investigate patterns of larval radiated shanny (*Ulvaria subbifurcata*) growth and selective survival in a large bay of Newfoundland. *ICES J Mar Sci.* 60: 243-258.
- Brown DR, Buratti CC, Leonarduzzi E. 2008. Incrementos diarios en otolitos de juveniles de *Engraulis anchoita* provenientes del stock bonaerense. *Inf Invest INIDEP* N° 66/2008. 12 p.
- Brown DR, Buratti CC, Leonarduzzi E. 2011. Variaciones en el crecimiento de juveniles de *Engraulis anchoita* provenientes de la plataforma bonaerense. *Inf Invest INIDEP* N° 114/2011. 12 p.
- Brown DR, Leonarduzzi E, Averbuj A, Livore JP. 2013. Temporal variation in *Engraulis anchoita* eggs and larvae abundance in northpatagonian littoral between January-April 2001. Larval growth and mortality. *Rev Invest Des Pesq.* 23: 175-192.



- Brown DR, Sánchez RP. 2010. Larval and juvenile growth of two Patagonian small pelagic fishes: *Engraulis anchoita* and *Sprattus fuegensis*. *Rev Invest Des Pesq.* 20: 35-50.
- Buratti C, Díaz de Astarloa JM, Hüne M, Irigoyen A, Landaeta M, et al. 2020. *Engraulis anchoita*. International Union for Conservation of Nature; The IUCN red List of Threatened Species. 12: 1-10.
- Butler JL. 1989. Growth during the larval and juvenile stages of the northern anchovy, *Engraulis mordax*, in the California Current during 1980-1984. *Fish. Bull. U.S.* 87: 645-652.
- Caldarone EM, Clemmesen CM, Berdalet E, Miller TJ, Folkvord A, Holt GJ, Olivar MP, Suthers IM. 2006. Intercalibration of four spectrofluorometric protocols for measuring RNA/DNA ratios in larval and juvenile fish. *Limnol Oceanogr Meth.* 4: 153-163.
- Caldarone EM, Wagner M, St Onge-Burns J, Buckley LJ. 2001. Protocol and guide for estimating nucleic acids in larval fish using a fluorescence microplate reader. Northeast Fish Sci Cent Ref Doc. 1-11.
- Ciancio JE, Bartes S, Fernández, S, Harillo C, Lancelotti J. 2020. Energy Density Predictors for Argentine Anchovy *Engraulis anchoita*, a Key Species of the Southwestern Atlantic Ocean. *Trans Am Fish Soc.* 149: 204-212.
- Ciechomski JD, Sanchez RP. 1984. Field estimates of embryonic mortality of Southwest Atlantic anchovy (*Engraulis anchoita*). *Meeresforschung.* 30: 172-187.
- Clemmesen CM. 1994. The effect of food availability, age or size on the RNA/DNA ratio of individually measured herring larvae: laboratory calibration. *Mar Biol.* 118: 377-382.
- Contreras JE, Rodriguez-Valentino C, Landaeta MF, Plaza G, Castillo MI, Alvarado-Niño M. 2017. Growth and mortality of larval anchoveta *Engraulis ringens*, in northern Chile during winter and their relationship with coastal hydrographic conditions. *Fish Oceanogr.* 26: 603-614.
- Diaz MV, Pájaro M. 2012. Protocolo para la determinación de ácidos nucleicos en larvas de peces. Inf Invest INIDEP N° 20/2012. 9 p.
- Diaz MV, Pájaro M. 2013. Estudio de la condición nutricional de larvas de la población bonaerense de anchoíta (*Engraulis anchoita*) en relación con las características hidrográficas del área de crianza. *Rev Invest Desarr Pesq.* 23: 107-127.
- Do Souto M, Brown DR, Leonarduzzi E, Capitanio F, Diaz MV. 2019b. Nutritional condition and otolith growth of *Engraulis anchoita* larvae: the comparison of two life traits indexes. *J Marine Syst.* 193: 94-102.
- Do Souto M, Brown DR, Segura V, Negri R, Temperoni B, Cepeda G, Viñas MD, Capitanio F, Diaz MV. 2019a. Putting the pieces together: recent growth, nutritional condition and mortality of *Engraulis anchoita* larvae in the Southwest Atlantic. *Fish Oceanogr.* 28: 597-611.
- Do Souto M, Spinelli ML, Brown DR, Pájaro M, Diaz MV, Capitanio F.L. 2018. Benefits of frontal waters for the growth of *Engraulis anchoita* larvae: the influence of food availability. *Fish Res.* 204: 181-188.
- Garcia Alonso VA, Diaz MV, Pajaro M, Capitanio FL. 2021. Ontogeny versus environmental forcing off the Southwest Atlantic Ocean: Nutritional condition of Fuegian sprat (*Sprattus fuegensis*) early stages. *Fish Oceanogr.* 30: 653-665.



- Hansen JE. 2000. Anchoíta (*Engraulis anchoita*). Síntesis del estado actual de las pesquerías marítimas argentinas y de la Cuenca del Plata. Años 1997-1998, con la actualización de 1999. Publ Esp Inst Nac Invest Desarr Pesq. 205-216.
- Hjort J. 1926. Fluctuations in the year classes of important food fishes. J Cons Int Explor Mer. 1: 5–38.
- Houde ED. 2008. Emerging from Hjort's shadow. J Northwest Atl Fish Sci. 41: 53-70.
- Leggett WC, Deblois E. 1994. Recruitment in marine fishes: is it regulated by starvation and predation in the egg and larval stages? Neth J Sea Res. 32: 119-134.
- Leonarduzzi E, Do Souto M, Diaz MV. 2021. Early stages of anchovy: abundance, variability and larval condition at the fixed coastal station EPEA between 2000-2017. MAFIS. 34: 123-142.
- Orlando P, Buratti C, Garciarena AD. 2019. Diagnóstico de la población de anchoita bonaerense (*Engraulis anchoita*) y estimación de captura biológicamente aceptable durante el año 2019. Inf Téc INIDEP N° 24/2019. 29 p
- Pájaro M, Macchi GJ, Sánchez RP. 1997. Fecundidad y frecuencia reproductiva de las poblaciones bonaerense y patagónica de la anchoita argentina (*Engraulis anchoita*). Rev Invest Desarr Pesq. 11: 19-38.
- Pájaro M, Martos P, Leonarduzzi E, Macchi GJ, Diaz MV, Brown D. 2008. Estrategia de puesta de la Anchoita (*Engraulis anchoita*) en el Mar Argentino Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya. INIDEP Inf Téc INIDEP N° 11/2008. 14 p.
- R Development Core Team., 2023. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Sánchez RP, Brown DR. 1999. Larval and juvenile growth of two Patagonian clupeoids: *Engraulis anchoita* and *Sprattus fueguensis*. En: Avances en métodos y tecnología aplicados a la investigación pesquera. Seminario final del proyecto JICA. INIDEP, pp: 145-146. Mar del Plata, Argentina.
- Sánchez RP. 1995. Patrones de distribución espacio-temporal de los estadios embrionarios y larvales de la anchoíta (*Engraulis anchoita* Hubbs y Marini) a micro y macroescala, su relación con la supervivencia y el reclutamiento [PhD thesis]. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 630 p.