

Crecimiento en sábalo (*Prochilodus lineatus*) en la baja cuenca del río Paraná, Argentina

Informe Técnico N° 76

Coordinación de Pesca Continental

Dirección de Planificación Pesquera

Crecimiento en sábalo (*Prochilodus lineatus*) en la baja cuenca del río Paraná, Argentina

Jorge Liotta^{1,2}, Pablo Arrieta¹, Danilo Demonte³, Darío Colautti⁴

¹ Dirección de Planificación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de La Nación, CABA

² Museo de Ciencias Naturales "A. Scasso", San Nicolás, Buenos Aires

³ Dirección General de Manejo Sustentable de los Recursos Pesqueros, Ministerio de Ambiente y Cambio Climático, provincia de Santa Fe

⁴ Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet" (ILPLA, CONICET-UNLP), La Plata

E-mail de correspondencia: jorgerliotta@gmail.com

Resumen

El crecimiento en el sábalo (*Prochilodus lineatus*) fue estudiado en diferentes ambientes y etapas de su desarrollo, utilizándose -en la mayoría de los trabajos- las escamas para la estimación de edades. La validación del otolito como estructura que permite determinar la edad con certeza brinda la posibilidad de estimar el crecimiento con mayor precisión obteniendo curvas de crecimiento más cercanas a la realidad. El objetivo de este trabajo fue ajustar los parámetros de la curva de crecimiento poblacional a partir de los datos de *Edad-Talla* obtenidos con otolitos *lapilli*, analizando las diferencias con resultados obtenidos previamente. Se registró longitud estándar, longitud total, peso total y se obtuvieron estructuras de aposición de 8.088 ejemplares de sábalo capturados en 50 campañas de pesca experimental durante el período 2007-2019. Se analizó la variabilidad individual de las tallas de una cohorte numerosa (2009-2010) para una serie de edades progresivas. Se preparó una clave *Edad-Talla* con el total de los datos disponibles. Los datos *Edad-Talla* fueron ajustados a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy (ECVB) mediante el método de mínimos cuadrados. Se observó un amplio rango de tallas por edad y, en consecuencia, una frecuente superposición de tallas entre cohortes. Se obtuvo la ecuación de la relación potencial *Longitud Estándar-Peso Total* como $PT = 0,035 * LE^{2,9386}$ a efectos de transformar la curva de crecimiento basada en tallas a peso. Los parámetros de crecimiento obtenidos en longitud fueron: $LE_{inf} = 41,3$, $k = 0,30$ y $t_0 = -1,31$. La L_{inf} hallada, menor a la obtenida por otros autores, resulta coherente considerando la estrategia de vida periódica de la especie.

Palabras clave: *Lapilli* - *Prochilodus lineatus* - Crecimiento

Abstract

Growth in sábalo (*Prochilodus lineatus*) was studied at different environments and stages of its development, mainly using scales for the estimation of ages. The validation of the otolith as a structure that allows to determine the age with certainty offers the possibility of estimating the growth with greater precision, obtaining growth curves closer to reality. The objective of this work was to adjust the parameters of the population growth curve from the Age-Length data obtained with *lapilli* otoliths, analyzing the differences with previously obtained results. Standard length, total length, total weight and positional structures of 8088 sábalo specimens captured in 50 experimental fishing surveys during the period 2007-2019 were recorded. The individual variability of the lengths of a large cohort (2009-2010) was analyzed for a series of progressive ages. An Age-Length key was prepared with the total available data. The Age-Length data were fitted to the Von Bertalanffy growth equation (VBGE) using the least squares method. A wide range of lengths-for-age was observed and, consequently, a frequent overlap of lengths between cohorts. The equation for the potential relationship Standard Length-Total Weight was obtained as $PT = 0,035 * LE^{2,9386}$ in order to transform the growth curve based on length to weight. The growth parameters obtained in length were: $SL_{inf} = 41,3$, $k = 0,30$ and $t_0 = -1,31$. The L_{inf} found, lower than that obtained by other authors, is coherent considering the periodic life strategy of the species.

Keywords: *Lapilli* - *Prochilodus lineatus* - Growth

Introducción

El crecimiento individual es una de las características ecológicas más importantes que se deben conocer de una población sujeta a aprovechamiento comercial (Mercier *et al.* 2011, Cruz-Vázquez *et al.* 2012). Se sabe que el crecimiento es uno de los parámetros clave en la evaluación de los stocks de peces, ya que es referencia para denotar la respuesta que éstos presentan con relación a las influencias ambientales y antropogénicas (Gherard *et al.* 2013). El crecimiento en el sábalo (*Prochilodus lineatus*) fue estudiado en diferentes etapas de su desarrollo y en distintos ambientes (Cabrera y Candia, 1964; Vidal, 1967; Cordiviola de Yuan, 1971; Bayley, 1973; Occhi, 1973; Payne, 1986; Sverlij, 1986; Fallows, 1987; Fortuny, 1989; Payne y Harvey, 1989; Sverlij *et al.*, 1989; Sverlij *et al.* 1992; Carozza y Cordiviola de Yuán, 1991; Domingues y Hayashi, 1998; Araya y Sverlij, 1999; Lizama, 2000; Brown y Fuentes, 2010; Baigún *et al.*, 2013) siendo abordado en la mayoría de los trabajos mediante la utilización de escamas para la estimación de edades. Al comienzo del proyecto *Evaluación del Recurso Sábalo en el Paraná* (Espinach Ros y Sánchez, 2007) el estudio de crecimiento en sábalo también fue realizado con escamas, sin embargo, la utilización de los otolitos *lapilli* permitió mayor exactitud y precisión en la estimación de edades en trabajos posteriores (Espinach Ros, 2008, 2012), adoptándose como estructura de referencia en trabajos sobre edad y crecimiento de ésta especie (Avigliano *et al.* 2016; Avigliano *et al.* 2017; Arrieta y Liotta, 2018, 2022; Avigliano *et al.* 2018; Liotta y Arrieta 2020). En el mismo sentido, De Santana y Minte-Vera (2017) al comparar las edades de sábalo mediante ambas estructuras obtuvieron mayor precisión y coincidencia entre lectores con los otolitos. Los amplios rangos de tallas por edad observados por Espinach Ros (2008) limitan su uso de estas como estimador de edades. La validación del otolito como estructura que permite determinar la edad con certeza (Liotta *et al.*, 2022) brinda la posibilidad de estimar el crecimiento con mayor precisión obteniendo curvas de crecimiento más cercanas a la realidad.

Los objetivos de este trabajo fueron ajustar los parámetros de la curva de crecimiento poblacional a partir de los datos de *Edad-Talla* obtenidos con estructuras validadas para la asignación de edades, y analizar las diferencias con resultados obtenidos previamente.

Materiales y métodos

Se registró longitud estándar (LE, en cm), longitud total (LT, en cm), peso total (PT, en g) y se obtuvieron estructuras de aposición (otolitos *lapilli* y escamas) de cada ejemplar de sábalo capturado en 50 campañas de pesca experimental durante el período 2007-2019. Un detalle del procedimiento de

extracción y procesamiento de las estructuras utilizadas para la asignación de edades se puede ver en Arrieta y Liotta (2022).

Para la asignación de edades, se utilizó de cada individuo la cantidad de anillos de crecimiento completos observada en sus otolitos. Considerando por convención que cada cohorte nace el 01 de enero de cada año, por ser una fecha equidistante al inicio y al fin de la temporada reproductiva, que abarca primavera y verano (Sverlij *et al.*, 1993), se calculó el incremento marginal (año incompleto) como el número de días transcurridos desde el 01 de enero hasta su fecha de captura dividido por 365.

Una vez establecidas las edades de los individuos se organizó una base de datos registrando para cada ejemplar su cohorte, edad y talla. Se utilizaron las LE debido a la frecuente rotura de la aleta caudal, que distorsiona los valores. Para presentar datos correspondientes a LT, de modo que sean comparables con otros trabajos, se transformaron las LE en LT a partir de la ecuación obtenida por correlación entre ambas medidas del conjunto de los ejemplares de las campañas mencionadas:

$$LT = 1,1523 * LE + 1,7796$$

Se analizó la variabilidad individual en una cohorte numerosa (2009-2010) para una serie de edades progresivas, obteniendo para cada una de estas la longitud estándar mínima, máxima y media (LE_{min} , LE_{max} , LE_{media} , respectivamente), desvío estándar (DE) y coeficiente de variación (CV).

Se preparó una clave *Edad-Talla*, agrupando las edades en años e incluyendo el dato de desvío estándar correspondiente, dada la variabilidad hallada.

Los datos *Edad-Talla* fueron ajustados a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy (ECVB) (Von Bertalanffy, 1938) mediante el método de mínimos cuadrados conforme la ecuación:

$$LE_t = LE_{inf} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde LE_t (longitud estándar a la edad t), LE_{inf} o longitud estándar infinita (considerada aquí como la LE teórica alcanzada por un individuo de máxima edad), k (parámetro de curvatura) y t_0 (edad teórica a la que el individuo posee longitud nula).

Con la curva de crecimiento obtenida, se evaluó el ajuste de las cohortes más numerosas durante el período de estudio (1996-1997, 2006-2007, 2009-2010, 2015-2016).

Se obtuvo la ecuación de la relación potencial *Longitud Estándar-Peso Total* como $PT = a * LE^b$ a efectos de transformar la curva de crecimiento basada en tallas a peso. Esto se realizó calculando el PT_{inf} (peso total correspondiente a la LE_{inf}) y utilizando el parámetro b de la misma, en la ecuación de ECVB según la fórmula:

$$PT_t = PT_{inf} (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

Finalmente, se comparó la curva de crecimiento con las obtenidas en otros trabajos, con el fin de interpretar las razones de las diferencias observadas.

Resultados

Variabilidad en el crecimiento individual

Las distribuciones de frecuencias de tallas para una serie de edades progresivas de la cohorte 2009-2010 (**Fig. 1**) muestra claramente la amplitud de LE para los individuos de una misma edad. Algunos parámetros de crecimiento de esta cohorte desagregados por edad se muestran en la **Tabla 1**.

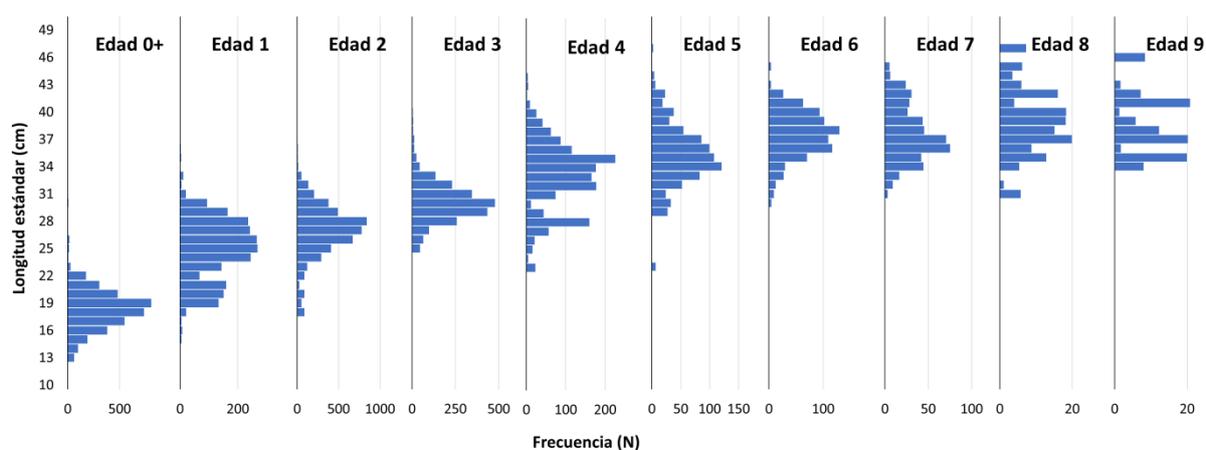


Figura 1. Distribución de frecuencias de tallas de una serie de edades progresivas de la cohorte 2009-2010.

Tabla 1. Parámetros de tallas de una serie de edades progresivas de la cohorte 2009-2010. DE=Desvío estándar, CV=Coefficiente de variación. El N corresponde a CPUE en número con datos corregidos por esfuerzo y por selectividad de la batería de redes.

Edad	N	LE min	LE máx	LE media	DE	CV
0	3864	12	30	18,3	2,2	12%
1	2249	15	36	24,9	3,4	14%
2	4761	18	39	27	3	11%
3	2205	25	42	30,1	2,2	7%
4	1509	23	53	33,1	3,9	12%
5	816	23	47	35,2	3,4	10%
6	802	30	45	37,6	2,5	7%
7	470	31	45	37,6	3	8%
8	149	31	47	39	3,7	9%
9	119	24	46	37,1	5,4	15%

Clave *Edad-Talla*

La clave *Edad-Talla* utilizando LE y LT para el conjunto de las cohortes registradas se presenta en la **Tabla 2**. Puede observarse que a partir de la edad 9, no necesariamente el aumento de la edad se corresponde con un aumento de la longitud media; incluso, en algunos casos, ésta disminuye (**Tabla 2, Fig. 2**).

Tabla 2. Parámetros de crecimiento del conjunto de las cohortes registradas. DE=Desvío estándar, CV=Coeficiente de variación.

Edad	N	LE media	DE	CV	LT media
0+	2013	16,9	4,4	26%	21,3
1	1166	23,7	5	21%	29,1
2	1305	29,1	3,1	11%	35,3
3	809	32,2	3,1	10%	38,9
4	755	34,8	3,2	9%	41,9
5	734	36,5	3	8%	43,8
6	370	37,8	3,4	9%	45,3
7	188	37,9	3,5	9%	45,5
8	175	40,1	3,5	9%	48
9	183	39,8	4,2	11%	47,6
10	191	37,8	3,2	8%	45,3
11	91	38,9	3,8	10%	46,6
12	22	40	3,9	10%	47,9
13	19	40,4	2,4	6%	48,3
14	3	43	1,6	4%	51,3
15	13	40,2	5,4	13%	48,1
16	14	44,4	3,4	8%	52,9
17	21	45,5	3,9	9%	54,2
18	3	44,7	1,3	3%	53,3
19	4	44,8	2,3	5%	53,4
20	2	46	1	2%	54,8
21	3	49,3	1,7	3%	58,6
22	1	43	-	-	51,3
23	1	47	-	-	55,9
24	2	43	-	-	51,3
Total	8088				

Ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy (ECVB)

La curva de crecimiento de Von Bertalanffy (ECVB) se observa en la **Figura**. Los parámetros hallados para LE fueron: $LE_{inf} = 41,3$, $k = 0,30$ y $t_0 = -1,31$; para LT los valores calculados fueron: $LT_{inf} = 49,3$, $k = 0,31$ y $t_0 = -1,38$.

Se observó un buen ajuste a la curva total de las cohortes más numerosas registradas en la población durante el período de estudio (1996-1997, 2006-2007, 2009-2010, 2015-2016). Las tres últimas cohortes pudieron seguirse en el tiempo desde su aparición (**Fig. 3**).

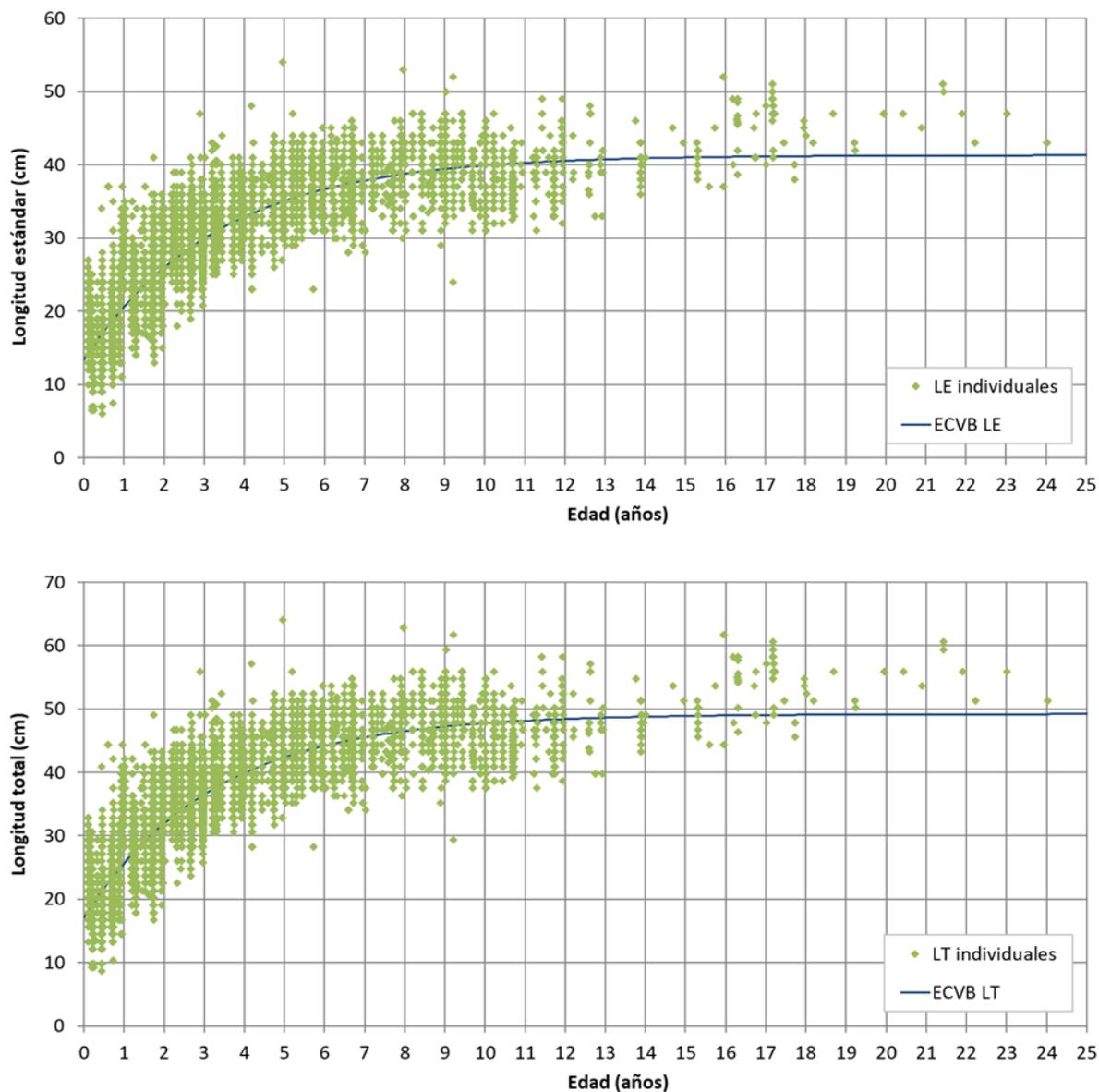


Figura 2. Curva de crecimiento de Von Bertalanffy (ECVB) para *Prochilodus lineatus* (los puntos verdes representan los datos individuales). Arriba: usando longitudes estándar; abajo, usando longitudes totales.

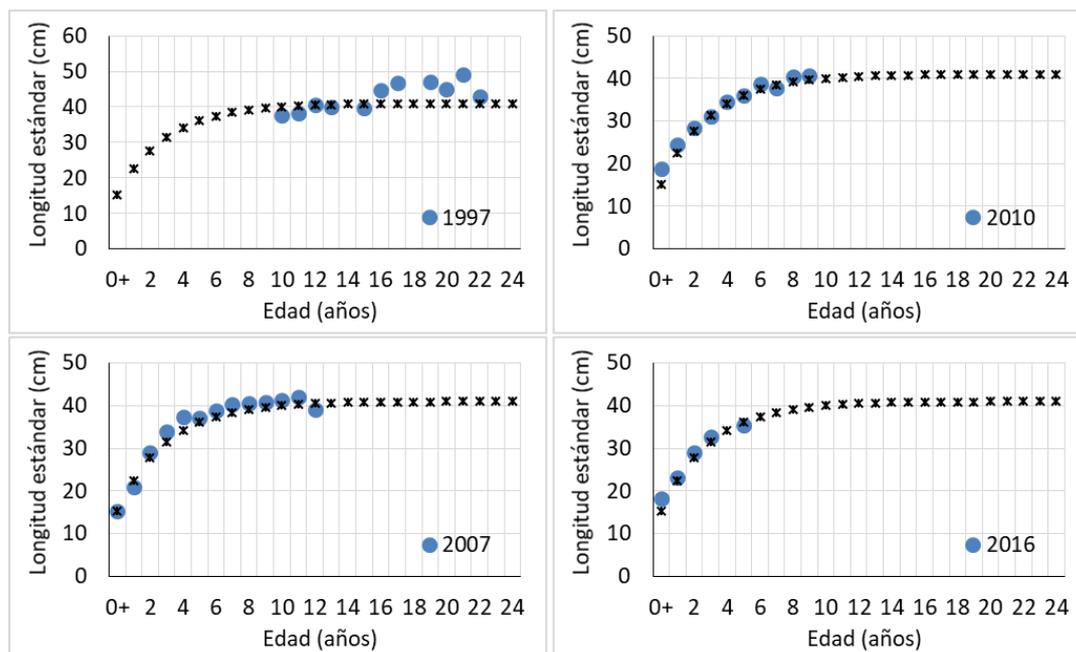


Figura 3. Ajuste de las cohortes más numerosas registradas en los muestreos a la curva de crecimiento obtenida en este trabajo.

Relación Longitud estándar-Peso total y curva de crecimiento en peso

La relación potencial *Longitud estándar-Peso Total* para el conjunto de los individuos muestreados se presenta en la **Figura** . Los parámetros de la ecuación $PT = a \cdot LE^b$ son $a=0,035$ y $b=2,9386$.

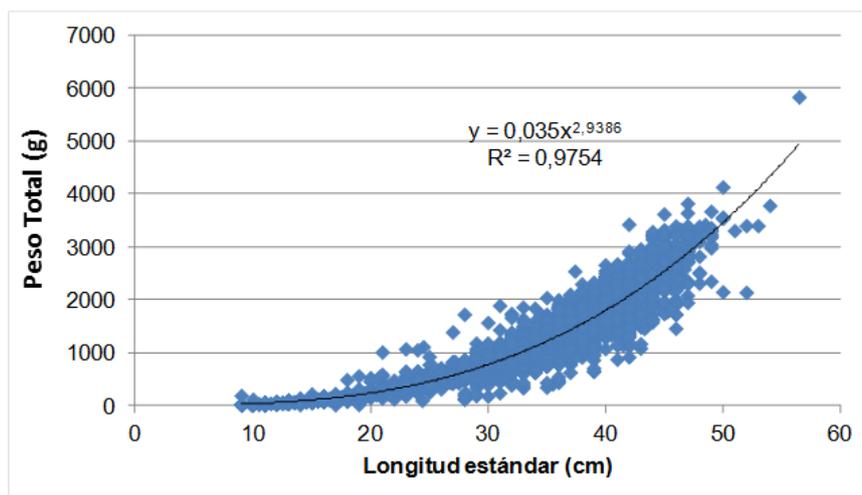


Figura 4. Relación potencial Longitud estándar-Peso Total.

La curva de crecimiento de Von Bertalanffy (ECVB) para datos de peso total se muestra en la **Figura** . No se encuentra el origen de la referencia.. Los parámetros hallados fueron: $PT_{inf} = 1983,8$, $k = 0,30$, $t_0 = -1,47$, utilizando $b = 2,94$.

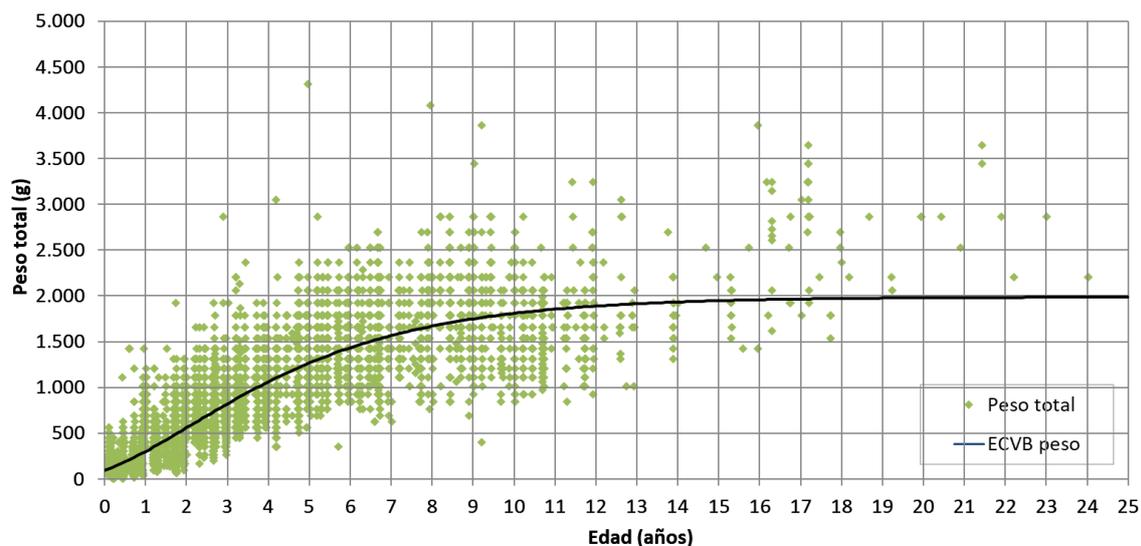


Figura 5. Curva de crecimiento de Von Bertalanffy (ECVB) en peso para *Prochilodus lineatus*.

En la **Figura 6** se compara la curva de crecimiento de Von Bertalanffy obtenida en este trabajo con las obtenidas por otros autores (Espinach Ros, 2012; Baigún *et al.*, 2013 y de Santana y Minte-Vera, 2017) para la misma especie, utilizando Longitud total.

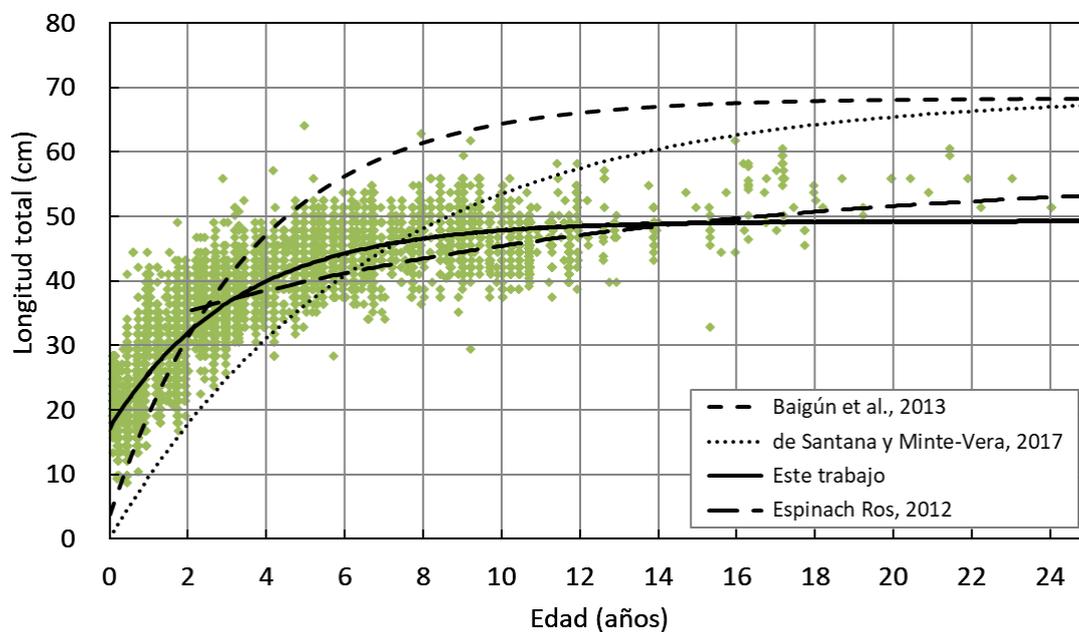


Figura 6. Curva de crecimiento de Von Bertalanffy (utilizando longitud total) obtenida en este trabajo comparada con las obtenidas por Espinach Ros (2012), Baigún *et al.* (2013) y de Santana y Minte-Vera (2017).

Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo son de gran importancia para realizar una nueva interpretación de la dinámica de crecimiento del sábalo. La fortaleza de estos resultados se basa en la gran cantidad de datos utilizados, logrados en una prolongada serie temporal que permitió una adecuada representación del rango de edades de la población.

La metodología utilizada para la asignación de edades mediante otolitos *lapilli* como estructura de aposición (Liotta *et al.*, 2022a) permitió una mayor precisión en la identificación de cada cohorte y su seguimiento en el tiempo. Esto permitió a su vez confirmar amplios rangos de talla por edad y, en consecuencia, la frecuente superposición de tallas entre cohortes descrita por Espinach Ros (2008). Esta característica de la especie hace que no sea recomendable la utilización de tallas como estimador de edades.

La L_{inf} obtenida aquí de 41,3 cm LE (equivalente a 49,3 cm LT) resultó menor que en trabajos previos sobre esta especie. Espinach Ros (2008, 2012) consideró, al aplicar la ECVB, que la curva ajustada a todo el rango de datos subestimaba las longitudes de los peces más jóvenes y se hacía rápidamente asintótica, subestimando también las longitudes de edades elevadas y el valor de L_{inf} , decidiendo utilizar sólo las tallas de ejemplares a partir de 2 años en el ajuste a la ECVB, debido a la desigual tasa de crecimiento hallada antes y después de esta edad, a la que ocurre el comienzo de la maduración gonadal. En ambos casos, las longitudes obtenidas fueron algo mayores a las obtenidas en este trabajo ($LE_{inf} = 46,61$ cm, $k = 0,08$ y $t_0 = -11,14$ en 2008, y $LE_{inf} = 47,5$ cm, $k = 0,081$ y $t_0 = -10,1$ en 2012).

La L_{inf} es la longitud asintótica promedio teórica que se alcanzaría a una edad infinita (Hordyk *et al.*, 2015). Estos autores señalan que debe distinguirse claramente entre la longitud máxima observada (L_{max} , un parámetro biológico) y el parámetro matemático L_{inf} ya que, en la práctica, los peces pueden alcanzar longitudes mayores que L_{inf} . Si además las especies muestran una variabilidad elevada en el crecimiento individual (como se ha mostrado aquí para el sábalo), el valor de L_{inf} puede ser sobrepasado por un porcentaje significativo de los ejemplares, aun de edades intermedias. En la figura 2 se puede observar que efectivamente un 6,6% de los ejemplares analizados superan el valor calculado de L_{inf} . Esta es una característica biológica compartida entre especies que poseen una relación M/k reducida y alejada del valor de 1,5 (uno de los *invariantes* de Beverton y Holt: ver Hordyk *et al.*, 2015 y Prince *et al.*, 2015). En Liotta y Arrieta (2022) el valor de M estimado para el sábalo fue de 0,2279, por lo que M/k resulta igual a 0,735.

Es de interés notar que en el sábalo se alcanza el 99% de la L_{inf} calculada a una edad de 13 años, es decir alrededor de la mitad de la edad máxima registrada (Lozano, 2015). Esto resulta también coincidente con lo previsto en Hordyk *et al.* (2015): el hecho de que la especie alcance la L_{inf} a una edad

relativamente temprana no debe considerarse un error sino que se debe a las características biológicas de un conjunto de especies con una relación M/k menores a 1 correspondiente a estrategias de vida periódicas, como es el caso del sábalo (Espinach Ros, 2012; Baigún *et al.*, 2013; Abrial, 2018; Lozano *et al.*, 2019).

En cuanto a los parámetros de ECVB obtenidos en Baigún *et al.* (2013), se ve que allí se interpreta a L_{inf} como la longitud correspondiente al individuo de mayor tamaño absoluto. Esto explica que la L_{inf} obtenida por estos autores ($LT_{inf} = 68,3$ cm) sea mucho mayor a la obtenida en este trabajo. Los otros dos parámetros, $k = 0,28$ y $t_0 = -0,2$, resultaron similares a los hallados aquí, pero el valor de LT_{inf} hace que la curva se aleje notoriamente del comportamiento de los datos reales (**Fig. 6**). Si bien es habitual el uso de estimadores de L_{inf} que se basan en correlaciones entre series de datos de L_{max} de diferentes especies (ver por ejemplo Froese & Binohlan, 2000; 2003), su utilización en el sábalo no resulta correcta: seleccionar el mayor ejemplar conocido en una especie con una gran variabilidad en el crecimiento individual y una baja relación M/k da lugar a una gran sobreestimación de L_{inf} , lo que a su vez distorsiona otros parámetros derivados de ésta.

Por su parte, De Santana y Minte-Vera (2017) obtuvieron unos parámetros muy diferentes a los hallados aquí ($LT_{inf} = 68,84$ cm, $k = 0,15$ y $t_0 = 0$), con una longevidad máxima mucho menor (8 años). Es posible que haya diferencias importantes entre los parámetros poblacionales de sábalos de ambas regiones (alto Paraná en Brasil vs. bajo Paraná) que hasta hace unos años eran considerados incluso como especies diferentes (*Prochilodus scrofa* fue sinonimizado a *P. lineatus* por Castro y Vari, 2003). Metodológicamente, además, dicho trabajo dispone de una cantidad de datos mucho menor ($N = 467$) obtenidos a partir de un período menor a doce meses y de ambientes diferentes. La elevada concentración de los datos en dos edades intermedias hace que la estimación de los parámetros de ECVB resulte poco robusta.

Debe considerarse que el cálculo de los parámetros de crecimiento se efectuó a partir del conjunto de las cohortes presentes. Cada cohorte puede presentar variaciones en estos parámetros, derivadas de la ocurrencia de diferentes condiciones ambientales a lo largo de su vida (Brett, 1979), diferentes intensidades de captura (Heino & Godø, 2002) o influencia de factores genéticos (Cavallaro, 1992; Foresti *et al.*, 1994), entre otras causas. Barbosa y Volpato (2007) encontraron que el mecanismo predominante en la determinación de la variación intraespecífica del crecimiento en *P. lineatus* está asociado a factores químicos liberados por conoespecíficos, en función de la densidad poblacional: ambientes con mayores densidades promueven una mayor variabilidad en el crecimiento. Sin embargo, tanto el cálculo detallado de los parámetros para la cohorte más exitosa del período (2009-2010) como la aplicación a las cohortes mejor representadas en los muestreos (**Fig. 3**) presentan sólo pequeñas variaciones, señalando un crecimiento semejante entre las cohortes.

Referencias bibliográficas

- Abrial, E. 2018. Influencia de variaciones hidrológicas e hidráulicas sobre la ictiofauna de ambientes lóticos y lénticos en la planicie aluvial del río Paraná. Tesis para la obtención del Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensuras Universidad Nacional del Nordeste, 153 p.
- Araya, P. R. y S. B. Sverlij. 1999. Edad y crecimiento de *Prochilodus scrofa* (Characiformes, Prochilodontidae) en el alto río Paraná, Argentina. *Iheringia Ser. Zool.*, 86: 45-54.
- Arrieta, P. y J. Liotta. 2018. Seguimiento de cohortes de sábalo (*Prochilodus lineatus*) en los tramos medio y bajo del río Paraná. Informe anual 2017. "Evaluación biológica y pesquera de especies de interés deportivo y comercial en el Río Paraná. Argentina". Dirección de Planificación y Gestión de Pesquerías, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Bs. As., Informe Técnico nº 55, 20 p.
- Arrieta, P. y J. Liotta. 2022. Seguimiento de cohortes de sábalo (*Prochilodus lineatus*) en los tramos medio y bajo del río Paraná. Periodo 2019-2021. Dirección de Planificación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. CABA. Informe Técnico nº 75, 29 p.
- Avigliano, E., Callicó Fortunato, R., Biolé, F., Domanico, A., De Simone, S., Neiff, J. J. & A. V. Volpedo. 2016. Identification of nurseries areas of juvenile *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) by scale and otolith morphometry and microchemistry. *Neotropical Ichthyology*, 14(3): e160005.
- Avigliano, E., Pisonero, J., Dománico, A., Sánchez, S. & A. V. Volpedo. 2017. Migration and brackish environment use of *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae) inferred by Sr:Ca ratio transects of otolith. *Neotropical Ichthyology*, 15(3): e170055.
- Avigliano, E., Pisonero, J., Dománico, A., Sánchez, S. & A. V. Volpedo. 2018. Estimating contributions from nursery areas to fish stocks in freshwater systems using otolith fingerprints: The case of the streaked prochilod in the La Plata Basin (South America). *River Res. Applic.*, 2018: 1-10.
- Avigliano, E., Pisonero, J., Bordel, N., Dománico, A. & A. V. Volpedo. 2019. Mixed-stock and discriminant models use for assessing recruitment sources of estuarine fish populations in La Plata Basin (South America). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(6): 1429-1433.

- Baigún, C., Minotti, P. & N. Oldani. 2013. Assessment of sábalo (*Prochilodus lineatus*) fisheries in the lower Paraná River basin (Argentina) based on hydrological, biological, and fishery indicators. *Neotropical Ichthyology*, 11(1): 199-210.
- Barbosa, J. M. & G. L. Volpato. 2007. Chemical modulation on heterogeneous growth in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847) (Pisces; Characiformes). *Braz. J. Biol.*, 67(1): 147-151.
- Bayley, P. B., 1973. Studies on the migratory characin, *Prochilodus platensis* Holmberg 1888 (Pisces, Characoidei) in the river Pilcomayo, South America. *J. Fish. Biol.*, 5: 25-40.
- Brett, J. R. 1979. Environmental factors and growth. En: Hoar, W.S., Randall, D.J. y Brett, J.R. (eds) *Fish physiology*. Vol8. Academic Press, N.Y. 599-675.
- Brown, D. R. & C. M. Fuentes. 2010. Daily increments in otoliths of sábalo (*Prochilodus lineatus*) larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, 26, 123-125.
- Cabrera, S. E. y C. Candia. 1964. Contribución al conocimiento de la biología del sábalo (*Prochilodus platensis* Holmberg) del Río de la Plata. B: Estudio bio-ecológico. III. Análisis del crecimiento. C: Estudio bio-económico. *Rev. Invest. Agropecuarias.*, Serie 1(4): 57-83.
- Castro, R. M. & R. P. Vari. 2003. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): A phylogenetic and revisionary study. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 622: 1-189.
- Carozza C. & E. Cordiviola de Yuan. 1991. Estudios ictiológicos em la laguna la Cuarentena (Isla Carabajal), río Paraná, Argentina: edad y crecimiento del "sábalo" *Prochilodus lineatus* Val. Período 1984–1985 (Pisces, Curimatidae). *Rev. Hydrobiologia Trop.*, 24: 119-129.
- Cavallaro, Z. I. 1992. Estudos sobre os cromossomos B de *Prochilodus scrofa* Steindachner, 1881 (Pisces, Prochilodontidae) de diferentes localidades. São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos (Dissertação de Mestrado em Ecologia de Recursos Naturais - UFSCar), 96 p.
- Cordiviola de Yuan, E. 1971. Crecimiento de peces del Paraná Medio. I. "Sábalo" (*Prochilodus platensis* Holmberg) Pisces, Tetragonopteridae. *Physis*, 30(81): 483-504.
- Cruz-Vázquez, R., Rodríguez-Domínguez, G., Alcántara-Razo, E. & E. A. Aragón-Noriega. 2012. Estimation of individual growth parameters of the Cortes Geoduck *Panopea globosa* from the Central Gulf of California using a multi-model approach. *Journal of Shellfish Research*, 31(3): 725-732.
- De Santana, H. & C. Minte-Vera. 2017. Age and growth of *Prochilodus lineatus* in a spatially structured population: is there concordance between otoliths and scales? *Envir. Biol. Fishes.*, 100: 223-235.

- Domingues, W. M. & C. Hayashi. 1998. Estudo experimental sobre anéis diários em escamas nas fases iniciais do desenvolvimento do curimba, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes, Prochilodontidae). Rev. Brasil. Biol., 58(4): 609-617.
- Espinach Ros, A. (ed). 2008. Proyecto Evaluación del Recurso Sábalo (*Prochilodus lineatus*) en el río Paraná. Informe de los resultados de la segunda etapa 2006-2007. Dirección de Pesca Continental, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP. Bs. As, 27 p.
- Espinach Ros, A. (ed). 2012. Evaluación del Recurso Sábalo (*Prochilodus lineatus*) en el río Paraná. Período 2008-2011. Dirección de Pesca Continental, Subsec. de Pesca y Acuicultura, MAGyP., Bs. As, 45 p.
- Espinach Ros, A. y R. P. Sánchez (Eds.). 2007. Proyecto de evaluación del recurso sábalo en el Paraná. Informe de los resultados de la primera etapa (2005-2006) y medidas de manejo recomendadas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Serie Pesca y Acuicultura: Estudios e Investigaciones Aplicadas N° 1, Buenos Aires, Argentina. 60 p.
- Fallows, J. A., 1987. Some biological features of the río Pilcomayo sábalo, *Prochilodus platensis*. O.D.A. Internal Publication, Trinidad, Bolivia.
- Foresti, F., Oliveira, C., Carvalho, E.D., Bernardino, G. & J. A. Senhorini. 1994. Estudo do crescimento de curimatá, *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae), com diferentes números de cromossomos Bs. In: 5° Simpósio de Citogenética Evolutiva e Aplicada de Peixes Neotropicals, 25-27 out. 1994, UNESP, Botucatu, SP. Anais Instituto de Biociências - Universidade Estadual de São Paulo, 71 p.
- Fortuny, A., 1989. Resultados preliminares sobre crecimiento del sábalo, *Prochilodus platensis* Holmberg, en cultivo. En: Resúmenes II/Reunión Argentina de Acuicultura, Pto. Madryn, Chubut (Argentina), Mayo 1989.
- Froese, R. & C. Binohlan. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. Journal of Fish Biology, 56: 758-773.
- Froese, R. & C. Binohlan. 2003. Simple methods to obtain preliminary growth estimated for fish. Journal of Applied Ichthyology, 19: 376-379.
- Gherard, K. E., Erismán, B. E., Aburto-Oropeza, O., Rowell, K. & L. G. Allen. 2013. Growth, Development, and Reproduction in Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*) Bull. Southern California Academy of Sciences, 112(1): 1-18.

- Heino, M. & O. R. Godø. 2002. Fisheries-induced selection pressures in the context of sustainable fisheries. *Bulletin of Marine Science*, 70(2): 639-656.
- Hordyk, A., Ono, K., Sainsbury, K., Loneragan, N. & J. Prince. 2015. Some explorations of the life history ratios to describe length composition, spawning-per-recruit, and the spawning potential ratio. *ICES Journal of Marine Science*, 72: 204-216.
- Liotta, J. y P. Arrieta. 2020. Seguimiento de cohortes de sábalo (*Prochilodus lineatus*) en los tramos medio y bajo del río Paraná. Informe bianual 2018-2019. Dirección de Planificación y Gestión de Pesquerías, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Buenos Aires, Informe Técnico nº 56, 26 p.
- Liotta, J. R. y P. Arrieta. 2022. Estimaciones de la mortalidad en sábalo (*Prochilodus lineatus*) en el bajo Paraná. Dirección de Planificación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina. CABA. Informe Técnico nº 77, 13 p.
- Liotta, J. R., Arrieta, P. M. y D. C. Colautti. 2022. Validación del otolito como estructura para determinar la edad del sábalo (*Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1837). Coordinación de Pesca Continental, Dirección de Planificación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina. CABA. Informe Técnico nº 73, 23 p.
- Lizama, M. A. P. 2000. Estimativa dos parâmetros de crescimento, recrutamento e mortalidade de *Prochilodus lineatus* da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. *Bol Inst Pesca*, 26: 121-128.
- Lozano, I. 2015. Análisis virtual de poblaciones (VPA): primer acercamiento aplicado a las pesquerías del sábalo *Prochilodus lineatus*. Dirección de Pesca Continental, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP. Bs. As. Informe Técnico nº 30, 17 p.
- Lozano, I. E., Llamazares Vegh, S., Gómez, M. I., Piazza, Y., Salva, J. & C. M. Fuentes. 2019. Episodic recruitment of young *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) during high discharge in a floodplain lake of the River Paraná, Argentina. *Fish Manage Ecol*, 26, 260-268.
- Manabe, A., Yamakawa, T., Ohnishi, S., Akamine, T., Narimatsu, Y., Tanaka, H., Funamoto, T., Ueda, Y. & T. Yamamoto. 2018. A novel growth function incorporating the effects of reproductive energy allocation. *PLoS ONE* 13(6): e0199346. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199346>.
- Mercier, L., Panfili, J., Paillon, C., N'diaye, A., Mouillot, D. & A. M. Darnaude. 2011. Otolith reading and multimodel inference for improved estimation of age and growth in the gilthead seabream *Sparus aurata* (L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92(4): 534-545.

- Occhi, R. N. 1973. Aplicación de tetraciclina al estudio del crecimiento óseo en peces de agua dulce. *Physic B*, 32(85): 171-184.
- Payne, A. I. 1986. A survey of the río Pilcomayo sábalo fishery in July 1986. Dept. Biol. Sci., Coventry Lanchester Polytechnica, UK, Overseas Development Administration, 56 p.
- Payne, A. I. & M. J. Harvey. 1989. An assessment of the *Prochilodus platensis* Holmberg population in the Pilcomayo River fishery, Bolivia, using scale-based and computer-assisted methods. *Aquac. and Fish Management*, 20: 233-248.
- Prince, J., Hordyk, A., Valencia, S. R., Loneragan, N. & K. Sainsbury. 2015. Revisiting the concept of Beverton-Holt life-history invariants with the aim of informing data-poor fisheries assessment. *ICES Journal of Marine Science*, 72: 194-203.
- Sverlij, S. 1986. Edad y crecimiento del sábalo. En: Seminario "El Río Uruguay y sus Recursos Pesqueros". Comisión Administradora del Río Uruguay. Publicación N° 4: 41-43.
- Sverlij S. B., Espinach Ros, A. y G. Orti. 1993. Sinopsis de los Datos Biológicos y Pesqueros del Sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847). Sinopsis Sobre la Pesca, No 154. Roma, FAO: 64 p.
- Sverlij, S. B., Geracitano, L. y A. Espinach Ros. 1992. Estructura de edades de los efectivos de sábalo (*Prochilodus lineatus*) del tramo inferior del río Uruguay. Publicaciones de la Comisión Administradora de/Río Uruguay. Serie Técnico-Científica, 1: 54-62.
- Sverlij, S., Geracitano, L. y M. Libertelli. 1989. Determinación de edad en sábalos, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847) del río Uruguay inferior. En: Resúmenes de Comunicaciones XIV Reunión Argentina de Ecología, Abril de 1989, Jujuy, Argentina, 89 p.
- Vidal J. C. 1967. Contribución al estudio biológico del sábalo en los ríos Paraná y Uruguay. Sec. Est. Agric. y Ganadería. 51 p.
- Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10, 181-243.

Este trabajo puede ser citado como sigue:

Liotta, J. R., Arrieta, P., Demonte, L. D. y D. C. Colautti. 2022. Crecimiento en sábalo (*Prochilodus lineatus*) en la baja cuenca del río Paraná, Argentina. Dirección de Planificación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina. CABA. Informe Técnico n° 76, 18 p.

https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca_continental/informes/proyecto_ebipes/index.php

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
Las Malvinas son argentinas

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico firma conjunta

Número:

Referencia: Informe 76 Crecimiento en sábalo (*Prochilodus lineatus*) en la baja cuenca del río Paraná Argentina

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 18 pagina/s.