

**Validación del otolito como  
estructura para determinar  
la edad del sábalo  
(*Prochilodus lineatus*  
Valenciennes, 1837)**

Informe Técnico N° 73  
Coordinación Pesca Continental

Secretaría de Agricultura,  
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía  
**Argentina**

## Validación del otolito como estructura para determinar la edad del sábalo (*Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1837)

Jorge R. Liotta<sup>1,2</sup>, Pablo M. Arrieta<sup>1</sup>, Darío C. Colautti<sup>3</sup>

1. Dirección de Planificación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, CABA, Argentina.
2. Museo de Ciencias Naturales “Antonio Scasso”, San Nicolás, Argentina.
3. Instituto de Limnología “Dr. Raúl A. Ringuelet” (ILPLA, CONICET-UNLP), La Plata, Argentina.

E-mail de correspondencia: [jorgerliotta@gmail.com](mailto:jorgerliotta@gmail.com)

### Resumen

Se realizó la validación del otolito *lapillus* como estructura de aposición para determinar la edad del sábalo *P. lineatus*. Los otolitos se obtuvieron entre 2007 y 2018, estacionalmente en el marco del proyecto “Evaluación Biológica y Pesquera de Especies de Interés Deportivo y Comercial en el Río Paraná, Argentina” (EBIPES) y mensualmente en monitoreos de desembarques de la pesquería artesanal en Victoria (Entre Ríos). Se aplicaron dos métodos: análisis de incremento marginal, para determinar la época y frecuencia de marcación de los anillos de crecimiento y análisis de progresión de longitudes modales contrastadas con edades asignadas por lectura de otolitos. Se verificó que la formación de los anillos tiene una dinámica anual, al menos entre el primer y el quinto año de vida, y que se produce en los meses de primavera. El recuento de anillos fue realizado de forma independiente por dos lectores con un porcentaje de coincidencias del 92,7 %. No pudieron asignarse con certeza edades a partir de la descomposición de las longitudes modales más allá de los 5 años debido al solapamiento entre distintas cohortes y a cambios en su frecuencia relativa. El uso de otolitos permite continuar registrando la presencia y abundancia relativa de cohortes de edades tan avanzadas como 20 años o más, confirmando que se trata de una especie más longeva de lo determinado previamente. Esto es relevante en su estrategia de vida y llama a repensar la aplicación de modelos pesqueros e índices considerados hasta la fecha que solo utilizan longitudes como criterios para el manejo de esta especie.

### Palabras clave:

Anillos de crecimiento-Edades-Lapilli-*Prochilodus lineatus*-Río Paraná

## Abstract

Validation of the *lapillus* otolith as an apposition structure for determining the age of sábalo *P. lineatus* was carried out. Otoliths were obtained between 2007 and 2018, seasonally in the framework of the project "Evaluación Biológica y Pesquera de Especies de Interés Deportivo y Comercial en el Río Paraná, Argentina" (EBIPES) and monthly in landings monitoring of the artisanal fishery in Victoria (Entre Ríos). Two methods were applied: marginal increment analysis, to determine the time and frequency of growth ring marking, and modal lengths progression analysis contrasted with ages assigned by otolith reading. It was verified that ring formation has an annual dynamic, at least between the first and fifth years of life, and that it occurs in spring. The ring count was performed independently by two readers with an agreement rate of 92.7 %. Ages could not be assigned with certainty from the decomposition of modal lengths beyond 5 years due to overlap between different cohorts. The use of otoliths allows us to continue recording the presence and relative abundance of cohorts as old as 20 years or more, confirming that this is a longer-lived species than previously determined. This is relevant to its life strategy and calls for rethinking the application of fishing models and indices considered to date that only use lengths as criteria for the management of this species.

### Keywords:

Ages-Growth rings-Lapilli-Paraná River-*Prochilodus lineatus*

## Introducción

Los estudios sobre edad y crecimiento en peces son esenciales en la evaluación pesquera, y necesarios para la aplicación de modelos de dinámica de poblaciones, tanto por su interés científico como práctico, ya que permite sugerir directivas de aplicación administrativa y de protección de los recursos (Beverton & Holt, 1957). La asignación de las edades a los individuos de una población sujeta a explotación forma la base de los cálculos de tasas de crecimiento, mortalidad y productividad, parámetros fundamentales para realizar estimaciones de dinámica poblacional (Campana, 2001). La relación entre la edad y el crecimiento con la abundancia, a menudo se usa para determinar la producción íctica y, por lo tanto, son factores importantes en la gestión o manejo de las pesquerías (Pauly, 1983; Morales-Nin, 1992; Pascual, 1996).

La edad de muchas especies puede determinarse a partir de las marcas de crecimiento presentes en algunas estructuras duras, como escamas, otolitos, cleitra, urohiales, vértebras, espinas y radios. Estas se generan cuando existen alternancias en los períodos

de crecimiento rápido y lento (Holden & Raitt 1975; Chambers & Miller, 1995; Tavares 2001; Araya & Cubillos, 2002). Entre las estructuras duras más utilizadas para determinar la edad se destacan las escamas y los otolitos. Diversas investigaciones señalan que el uso de escamas para la determinación de edades en peces puede presentar dificultades (Espinach Ros, 2008). Particularmente estas complicaciones se hacen más evidentes cuando se realizan lecturas en ejemplares de edades mayores, en los cuales generalmente se produce una subestimación de la edad, debido a fenómenos vinculados a la reabsorción de los sectores periféricos de las escamas o bien al solapamiento de marcas por disminución del crecimiento con la edad. Estos efectos han sido registrados en muchas especies, como *Hoplias malabaricus* en la Cuenca del Plata (Lozano *et al.*, 2013), y *Micropterus salmoides*, *M. dolomieu* y *M. punctulatus* (Long & Fisher, 2001; Maceina & Sammons, 2006; Taylor & Weyl, 2012). Sin embargo, el uso de las escamas permitiría establecer adecuadamente la edad de los individuos para los primeros dos o tres años de vida (De Santana & Minte-Vera, 2017). La determinación de edades utilizando otolitos es en general más trabajosa y requiere del sacrificio de los ejemplares, pero dadas las características de su desarrollo, que consiste en la depositación de carbonato de calcio en forma de capas concéntricas en torno a un núcleo, el registro de los anillos es continuo a lo largo de la vida del ejemplar y no muestra fenómenos de reabsorción (Wright *et al.*, 2002). De esta manera, al preparar el material desbastándolo y puliéndolo hasta el núcleo, las capas referidas se distinguen como anillos o bandas. A pesar del mayor esfuerzo que implica el uso de otolitos para la determinación de las edades, existen muchas evidencias de que el grado de coincidencias en la asignación de edades entre distintos lectores a partir de estas estructuras es en general mucho mayor que con otras (De Santana & Minte-Vera, 2017).

Más allá de la estructura que se elija para determinar la edad de los individuos es esencial validar la escala de tiempo utilizada al asignar edades a cada anillo observado (Bagenal & Tesch, 1978), ya que de esta manera se logra tener la certeza de que los fenómenos poblacionales que se intenten describir estarán en sintonía con la escala cronológica en que ocurren. La validación de edades puede llevarse a cabo de diferentes maneras según las especies, los recursos y posibilidades en que se lleve adelante cada investigación. Entre las opciones más usuales (Campana, 2001) pueden mencionarse: 1) la evaluación de concordancia entre las asignaciones de edades logradas por distintos métodos para individuos de la misma población; 2) mediante análisis de incremento marginal que permite corroborar si la periodicidad en el marcado de las estructuras duras concuerda con la escala de tiempo utilizada, y si la marcación es un fenómeno constante, generalizado y acotado en

el tiempo; 3) mediante la identificación y seguimiento de una clase de edad a lo largo del tiempo acompañada por la lectura de estructuras duras de sus integrantes o bien 4) analizando partes duras de peces marcados y recapturados o partes duras de peces de edad conocida.

El sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) es una especie de alto valor comercial en la cuenca del Plata; por esta razón son varios los estudios biológico-pesqueros que se han hecho de la especie. Entre los antecedentes de estimaciones de edad en sábalo, se puede mencionar el trabajo de Cabrera y Candia (1964) quienes utilizando escamas hallaron una edad máxima de 8 años, remarcando además que para individuos del mismo rango de talla las edades resultaban muy variables (entre 3 y 8 años). Del mismo modo Vidal (1967) efectúa determinaciones de edad con escamas en sábalo, hallando que la técnica no presenta dificultades con ejemplares pequeños, pero en individuos de más de 5 años puede conducir a resultados arbitrarios; por otra parte, destaca que en muchos casos, individuos de igual longitud presentan diferentes números de anillos. Este autor declara finalmente que no fue posible asegurar que la periodicidad de marcado de los anillos sea anual. Cordiviola de Yuan (1971) analizó la edad de sábalo utilizando tanto escamas como opérculos, encontrando que el opérculo resulta la estructura más fiable de ambas para la determinación de la edad (identificando ejemplares de hasta 10 años de edad, y hasta 8 con cierta fiabilidad en escamas); menciona además los fenómenos de desgaste y reabsorción que se producen en escamas de ejemplares sometidos a situaciones desfavorables y la presencia de anillos no anuales en escamas de algunos ejemplares pequeños, relacionándolos con el cambio de ambiente de río a llanura aluvial. Araya y Estepa (1991) usando escamas, hallan una edad máxima de 6 años para la población del alto Paraná misionero y determinan que el anillo anual se produce entre octubre y febrero, coincidente con el proceso de migración y desove. En otros estudios que abordaron la temática, Carozza y Cordiviola de Yuan (1991) encontraron ejemplares de entre 2 y 7 años de edad en el Paraná medio y Araya y Sverlij (1999) trabajando con escamas de *P. scrofa* (actualmente sinonimizado con *P. lineatus*) determinaron edades de entre 2 y 9 años. Las autoras referidas efectuaron también análisis de incremento marginal y hallaron dos situaciones para diferentes temporadas: a) el anillo de crecimiento se forma en primavera-verano (coincidente con la época de migración); b) se adelanta la formación a invierno-primavera (cuando disminuye la temperatura y cesa la alimentación). Espinach Ros ha estimado edades en sábalo utilizando primero escamas (Espinach Ros y Sánchez, 2007) y fue pionero en el uso de otolitos *lapilli* para este fin (Espinach Ros, 2008) justificando su uso a partir del seguimiento de una cohorte dominante

y del análisis estacional de incrementos marginales. De Santana & Minte-Vera (2017) analizan la edad de sábalo en el alto Paraná, en Brasil, usando tanto escamas como otolitos. Establecen que sólo se forma un anillo anual, siguiendo de un año al siguiente la cohorte mejor representada en sus muestreos. Analizando el incremento marginal, comentan que el anillo se formaría probablemente a mediados de año; con otolitos hallan una edad máxima de 8 años y con escamas, de 6; las coincidencias de lecturas de otolitos y escamas de los mismos ejemplares fueron bajas, cercanas al 40%.

En los estudios mencionados no se describen en detalle las metodologías para validar fehacientemente la escala de tiempo utilizada al asignar las edades. La validación de las edades asignadas a partir de las lecturas de anillos de sus estructuras duras es indispensable para generar estructuras fiables de edades de la población. Esto facilitará el desarrollo de modelos ajustados de dinámica poblacional y pesquera de la especie y posibilitará reanalizar fenómenos biológico-pesqueros que han sido interpretados conforme los estudios mencionados precedentemente. Asimismo será posible revisar la eficacia de las pautas de manejo que se aplican o han sido sugeridas para el sábalo, sobre todo aquellas basadas en muestreos puntuales o esporádicos.

El objetivo de este trabajo es completar la validación iniciada por Espinach Ros (2008) y establecer la fiabilidad del otolito como estimador de edad en el sábalo.

## Materiales y métodos

Las capturas de los ejemplares se realizaron en las localidades del proyecto EBIPES: tres en la provincia de Santa Fe: Cayastá, Helvecia y Reconquista, y en dos de la provincia de Entre Ríos: Victoria y Diamante, con las redes agalleras y trasmallos utilizados en dicho proyecto (Balboni y Mantinian, 2021). De los sábalos capturados se registró longitud estándar (LE, en cm), peso (en g) y se les extrajeron ambos otolitos *lapilli*. Se obtuvieron además los mismos datos y otolitos de ejemplares procedentes de monitoreos de desembarques de la pesquería artesanal comercial de la localidad entrerriana de Victoria, con frecuencia mensual.

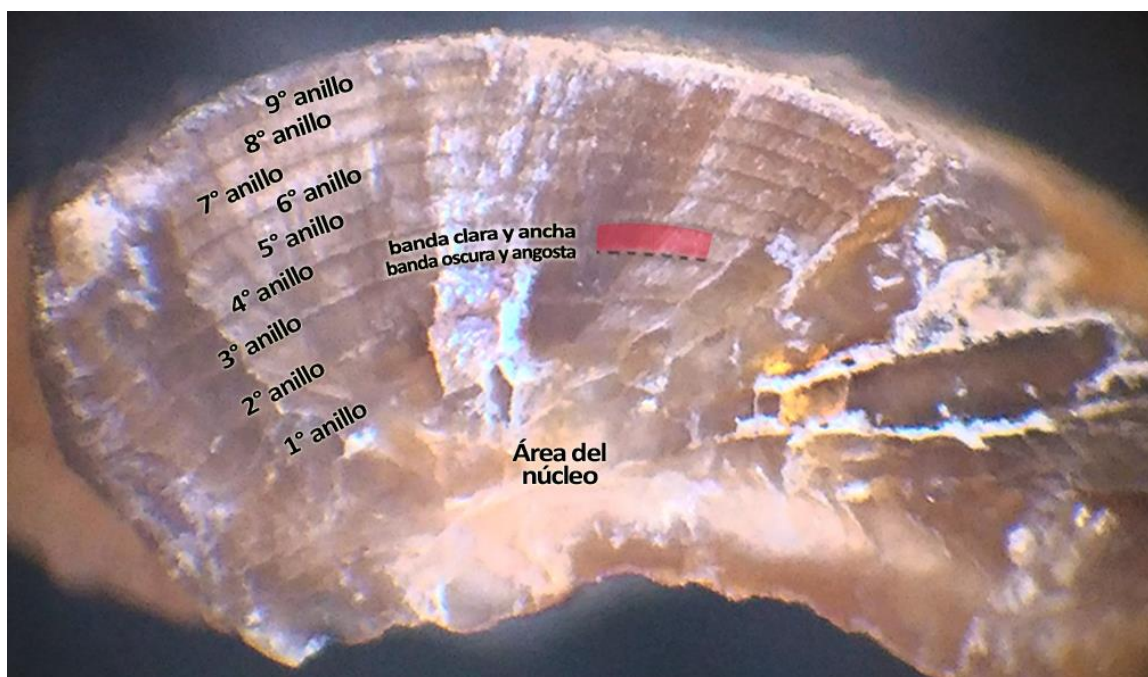
Para el procesamiento y lectura de los otolitos, siguiendo los procedimientos descritos por Espinach Ros (2008) para *lapilli* de sábalo, un otolito de cada par fue desbastado y pulido con discos abrasivos concéntricos montados en un torno manual Dremel 300. Para el desbaste, se utilizaron discos de grano N° 180 y 220, y para el pulido, de grano N° 1200. Se



utilizaron velocidades en el rango 5-8 (20.000-29.000 RPM) dependiendo del tamaño del otolito. El desbaste y pulido se realizó transversalmente a la protuberancia macular (Assis, 2005), con un pequeño ángulo de inclinación, hasta el núcleo del otolito. Posteriormente se realizó el quemado de la superficie pulida en llama de alcohol según el método de Christensen (1964). El quemado parcial permite distinguir con claridad un patrón de bandas oscuras (translúcidas en el otolito sin quemar), con mayor contenido de proteínas, que limita las zonas de crecimiento más anchas y de coloración más clara (opacas en el otolito sin quemar). Finalmente se montó el otolito en un soporte de masilla plástica con el objeto de facilitar su manipulación, exponiendo la cara pulida, y se procedió a realizar la identificación y conteo de los anillos mediante un microscopio estereoscópico con aumento de 40X utilizando luz reflejada. En caso de ser necesario, se aplicó sobre la cara expuesta una fina capa de esmalte para uñas transparente para homogeneizar la superficie y compensar las eventuales imperfecciones del pulido.

Se efectuó el recuento de anillos de crecimiento en los otolitos, considerando como un anillo completo a la suma de las bandas anchas, claras y más translúcidas, y angostas, oscuras y más opacas, que se encuentran contiguas, desde el núcleo hacia la periferia (Figura 1). El recuento de los anillos fue realizado de forma independiente por dos lectores. Además del conteo de anillos, se registró el crecimiento marginal desde el último anillo completo, utilizando una escala consistente en cuatro rangos, registrando con ninguno, uno, dos o tres signos + (0, +, ++ y +++) para cuantificar la fracción de anillo claro visible, tomando como referencia el espesor del anillo claro completo inmediatamente previo.

Conforme lo recomendado por Campana *et al.* (1995) se efectuaron diversos análisis de precisión en la cuantificación de anillos comparando las lecturas realizadas por ambos lectores, en un subconjunto de las estructuras analizadas. Para ello se utilizó la plantilla *Expanded Precision Template* para especies con longevidad máxima de 25 años (Precision25yr.xltx), diseñado por el NOAA Fisheries Service, disponible en: <http://www.nefsc.noaa.gov/fbp/age-prec>. Se incluyó también el cálculo del porcentaje de coincidencias y del coeficiente de variación total (Chang, 1982).



**Figura 1.** Zona de la protuberancia macular de *lapillus* de sábalo ya procesado, en la que se aprecian bandas claras y anchas, y oscuras y angostas.

La validación del otolito como estimador de la edad del sábalo se efectuó aplicando dos métodos, a partir del análisis de incremento marginal y por análisis de progresión de tallas modales (Campana, 2001; Vaz-dos-Santos, 2015).

El estudio del incremento marginal se utilizó para describir la dinámica de crecimiento de los anillos a efectos de determinar la escala temporal en que ocurre dicho proceso y establecer el momento o momentos en que se completa su formación en el ciclo anual. Con este fin se estimó la distribución porcentual mensual de los diferentes rangos de incrementos marginales y se calculó la frecuencia acumulada porcentual mensual de otolitos con ningún incremento marginal. A esta distribución se le ajustó un modelo matemático logístico para estimar el o los momentos en que el 50% de los individuos completan el anillo, utilizando como límite el momento en que la primera derivada del modelo resultó igual a 0.

La validación de asignación de edades por lectura de otolitos a partir del seguimiento de la progresión de tallas modales de longitud estándar de los individuos en sucesivas fechas de muestreo (Carbonara *et al.*, 2018), se realizó individualizando en la estructura de tallas de la población obtenida en cada oportunidad a los grupos de ejemplares de talla y edad conocidas (cohortes) por haber registrado su aparición en la población desde su nacimiento y que por su abundancia pudieron discriminarse con precisión a medida que fueron creciendo.



Para aplicar esta técnica, los datos de tallas de los individuos capturados entre 2005 y 2017 fueron estandarizados a igual longitud de redes y corregidos por selectividad (Dománico y Espinach Ros, 2015) para obtener las distribuciones de frecuencias que reflejaran más fielmente la estructura de tallas de la población en cada período considerado. Las distribuciones de frecuencias de tallas corregidas, correspondientes a cada muestreo, fueron agrupadas en ciclos anuales utilizando como límite el mes en que se generan las marcas según los resultados del análisis de incremento marginal. Se procedió de este modo para minimizar la posibilidad de mezclar individuos de diferentes cohortes.

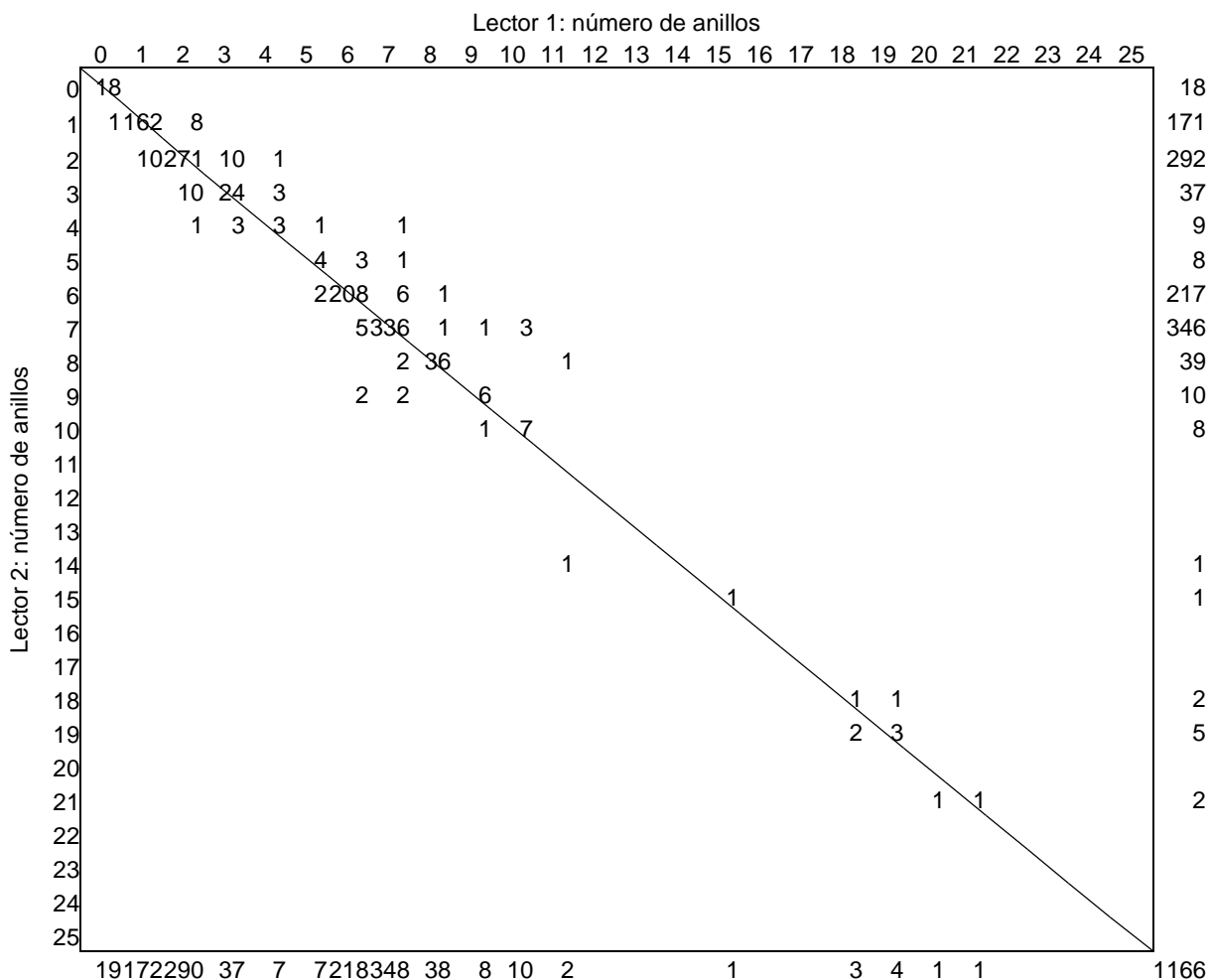
Las distribuciones de talla de cada período anual se descompusieron en sus componentes unimodales, asumiendo normalidad en la distribución de tamaños de los individuos integrantes de cada una de las cohortes. La tarea se llevó a cabo según un procedimiento iterativo de ajuste de una suma de normales a la distribución de frecuencias de tallas polimodal observada en la población, mediante el método de mínimos cuadrados. De este modo, cada normal ajustada al descomponer la distribución de frecuencias de tallas correspondiente a cada año se consideró como representativa de una cohorte. El seguimiento en el tiempo de cada una de las cohortes mejor representadas en las estructuras de tallas de la población, permitió asignar una edad a sus integrantes para cada período anual (edad por progresión de modas). A partir de los datos obtenidos de los otolitos, se estimó el número de anillos de crecimiento promedio que presentaban los individuos integrantes de cada uno de estos grupos de talla, redondeándolo al valor entero más cercano (edad por lectura de otolitos). Para verificar la periodicidad de marcado y la validez del otolito para asignar edades a los individuos, se realizó una regresión entre la edad asignada por progresión de modas a cada grupo y la edad asignada por lectura de otolitos a los individuos de dichos grupos y se evaluó si la relación entre las edades asignadas respondía a la relación 1:1, utilizando el test t para verificar si la pendiente y la ordenada al origen ajustados resultaban diferentes a uno y cero respectivamente (Roff, 1984; Weyl & Booth, 2008).

## Resultados

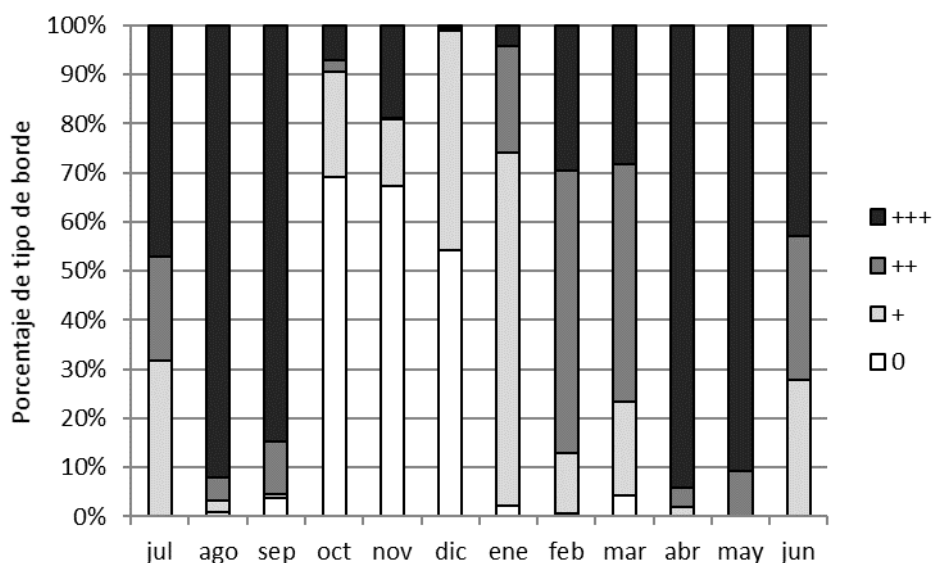
Se utilizaron lecturas de 4668 otolitos obtenidos en las campañas EBIPES y de 1102 procedentes de monitoreos de desembarques.

En la Tabla 1 se muestra la matriz de coincidencias entre los anillos observados por dos lectores, de 1166 otolitos tomados al azar, en los que se identificaron entre 0 y 21 anillos. El porcentaje de coincidencias obtenido fue 92,7% y el coeficiente de variación total, 1,50%.

**Tabla 1.** Matriz de coincidencias del número de anillos observados por ambos lectores.



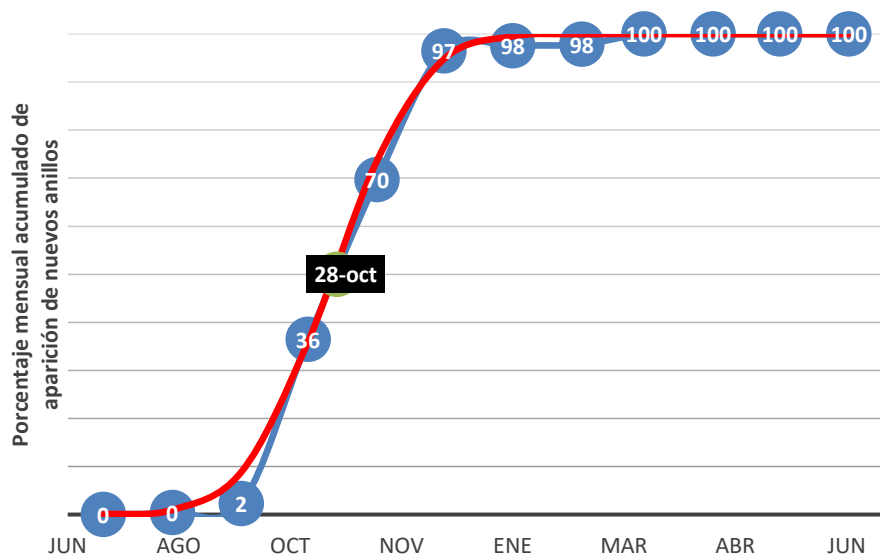
En la Figura 2 se presenta la frecuencia porcentual promedio de los cuatro niveles de incremento marginal (tipo de borde) considerados a lo largo de los meses en el período que abarcó el estudio. Puede observarse que el fenómeno de desarrollo de anillos tiene una dinámica anual en la cual la mayor frecuencia de otolitos sin incremento marginal (época de marcación) se concentra en los meses de primavera.



**Figura 2.** Distribución mensual porcentual de las categorías de tipo de incremento marginal en el borde del otolito. Datos agrupados de los años 2014 a 2018 (sólo monitoreos).

Por su parte la frecuencia acumulada de aparición de nuevos anillos demuestra que para diciembre ya se ha iniciado la formación del nuevo anillo claro prácticamente en la totalidad de los individuos (Figura 3). La derivada del modelo ajustado permitió establecer al día 28 de octubre como la fecha en que la mitad de los ejemplares ha completado la formación del anillo anual, por lo cual la primavera es el momento en que se completa el anillo anual y comienza a desarrollarse el del año siguiente.

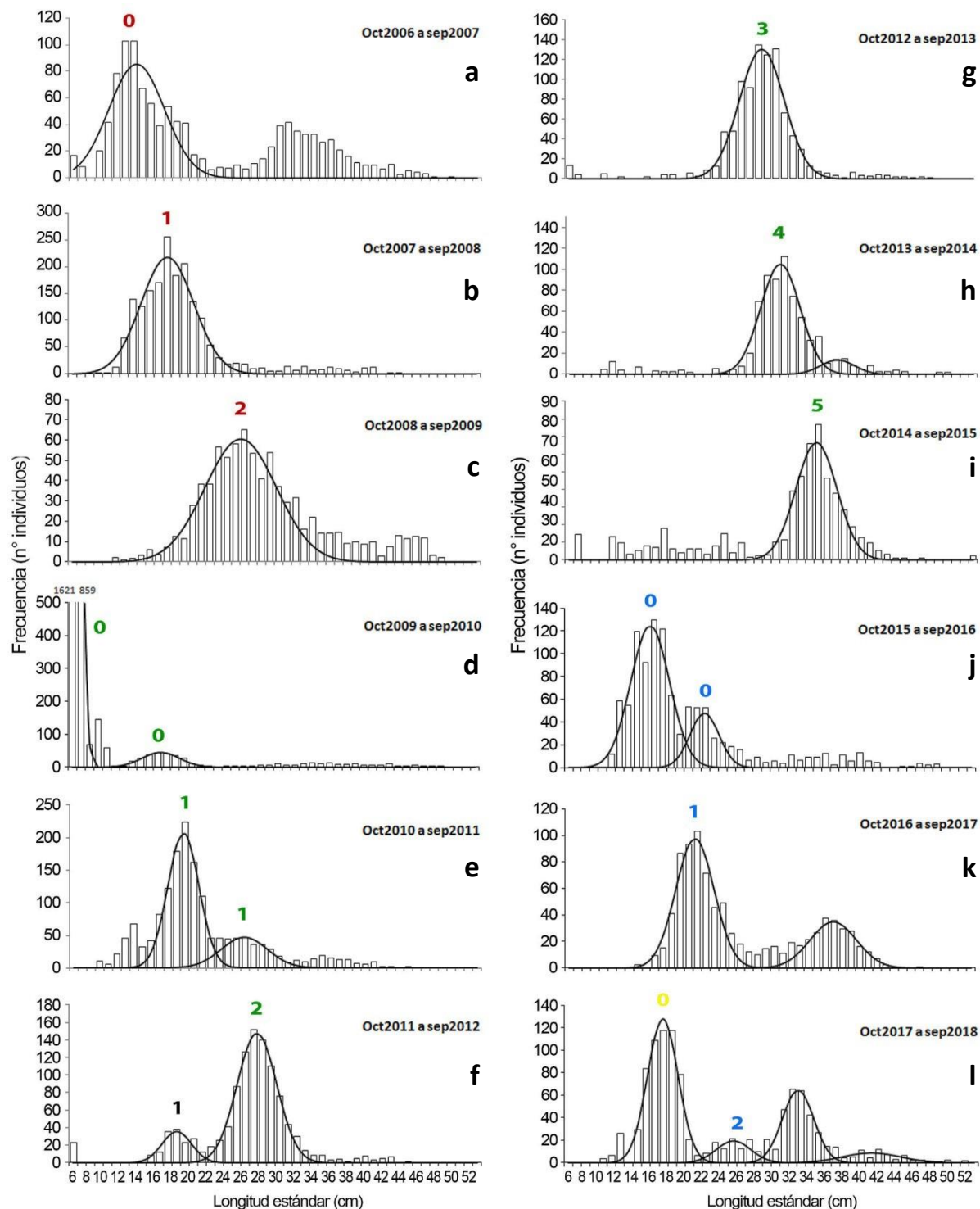
Con base en los resultados precedentes, los períodos de muestreo para obtener las distribuciones de frecuencias de tallas representativas de cada año para efectuar el análisis de progresión de modas y lectura de anillos se establecieron comenzando en octubre de cada año y finalizando en septiembre del año siguiente. Se procedió de este modo para disminuir las posibilidades de hallar individuos de la misma cohorte con número de anillos diferentes en sus otolitos.



**Figura 3.** Porcentaje acumulado mensual de aparición de nuevos anillos en el borde del otolito de sábalo durante el ciclo anual y modelo logístico ajustado, indicando con la fecha en que el modelo predice que el 50 % de los individuos ha formado el anillo.

En la Figura 4 se muestran las distribuciones de tallas para cada período, graficando las componentes normales identificadas y las edades asignadas a cada una de ellas. El seguimiento de progresión de tallas modales fue posible de realizarse con precisión durante diferente cantidad de años para las cohortes nacidas en los períodos reproductivos (primavera verano). En el caso de la cohorte 2006-2007 fue posible individualizarla dentro de la estructura de tallas de la población hasta su segundo año de vida (Figura 4a-c), por su parte la cohorte 2009-2010 que ingresó a la población representada por un gran número de individuos pudo seguirse claramente durante 5 años (Figura 4d-i), y finalmente para las cohortes 2015-2016 y 2017-2018 las edades se asignaron desde su aparición hasta la finalización de los muestreos en 2018 (Figura 4j-l).

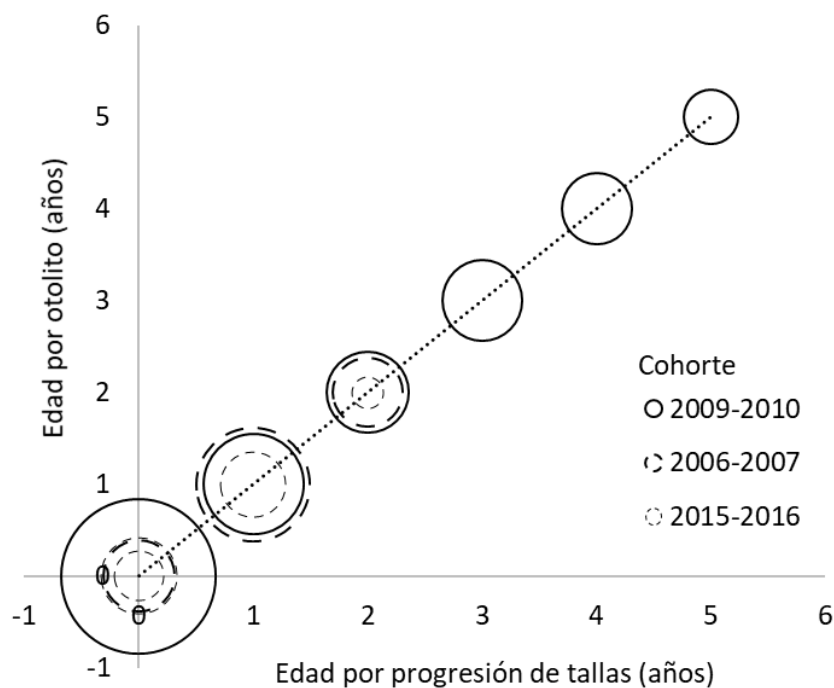
La regresión entre las edades asignadas a partir del conjunto de las componentes modales de las estructuras de talla y la cantidad de anillos observados en el total de las muestras analizadas se muestra en la Figura 5. Se observa un ajuste total entre las edades asignadas a los individuos por progresión de modas y por lectura de otolitos, para los casos de las cohortes en que pudieron asignarse edades por progresión de talla modal con mayor certeza debido al alto número de individuos que las representaban a dichos grupos de edad. Debido a este resultado, la prueba t indicó que la pendiente y la ordenada al origen no difirieron de 1 y 0 respectivamente.



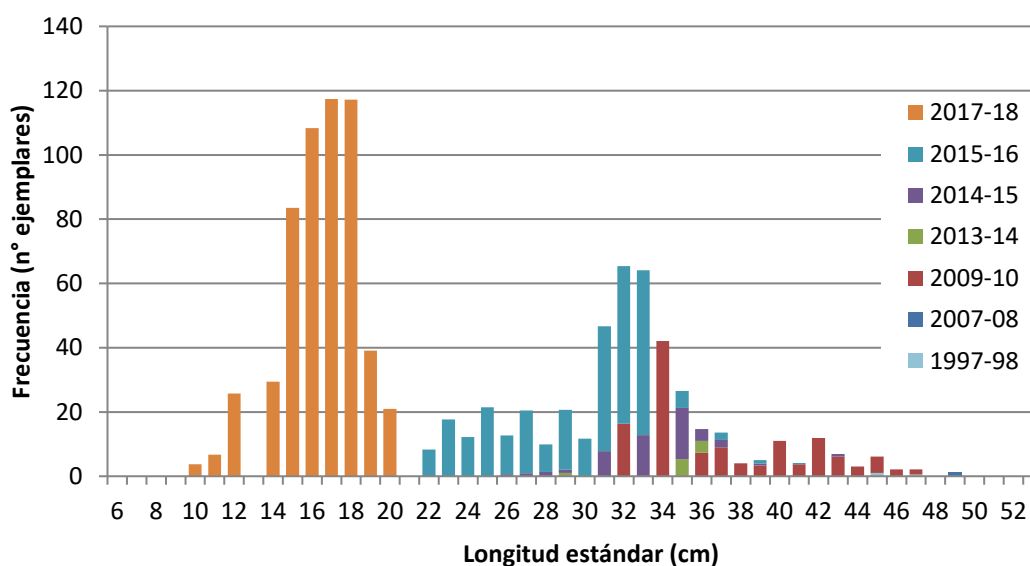
**Figura 4. a-l:** Distribuciones de frecuencias de tallas para cada período anual con las componentes normales identificadas y las respectivas edades asignadas a cada una de ellas. Números en rojo: cohorte 2006-2007; en verde: cohorte 2009-2010; celeste, cohorte 2015-2016 y amarilla: cohorte 2017-2018.



En la Figura 6 se muestra la estructura de tallas correspondiente al período 2017-2018 de la Figura 4, discriminando en cada intervalo de longitud la edad asignada por lectura de otolitos para los ejemplares incluidos en dichos intervalos.



**Figura 5.** Regresión entre las edades asignadas a partir de las componentes modales de las estructuras de talla (eje x) y la cantidad de anillos observados en las muestras correspondientes. El diámetro de los círculos representa el N de muestras consideradas.



**Figura 6.** Distribuciones de tallas y composición por cohorte de cada intervalo considerado para el período oct2017-sep2018.

Nótese en el gráfico correspondiente al período Oct2017-sept2018 (Figura 4I) que no pudo asignarse una edad única a las componentes normales de mayores tallas. Esto es debido, como puede verse en la Figura 6, a que a partir de los 31 cm de longitud comienza a ocurrir solapamiento de individuos de igual talla pero correspondientes a diferentes cohortes, y que esta situación se hace más evidente a medida que se incrementa la talla de los ejemplares.

## Discusión

En función de los análisis de precisión y sus resultados se puede confirmar que el otolito es una estructura fácil de leer e interpretar y que por lo tanto, independientemente del lector que lo analice, los conteos de anillos de crecimiento resultarán muy similares. Por esta razón, se trata de una estructura confiable para la estimación de edades del sábalo ya que además ambos lectores registraron individuos con hasta 21 anillos y mostraron alta coincidencia en las lecturas en ejemplares que registraban más de 10 anillos en sus otolitos.

El análisis de incremento marginal permitió confirmar que las bandas anchas, de color claro (señaladas en color rojo en la Figura 1), corresponden al crecimiento rápido en la época favorable (primavera-verano), y las bandas angostas, de color oscuro (señaladas con líneas negras discontinuas en la misma figura), al crecimiento lento en la época desfavorable (otoño-invierno).

El mes en que se observa claramente el inicio de las apariciones del borde claro (y por lo tanto el borde oscuro previo completo, correspondiente a la etapa invernal) es el mes de septiembre y este proceso se extiende hasta el mes de noviembre cuando ya es posible observar que casi la totalidad de la población presenta en el borde del otolito el nuevo anillo claro en formación visible. Si bien se estimó matemáticamente una fecha para establecer el momento de máxima velocidad de aparición del nuevo anillo, no hay que perder de vista que este es un proceso que ocurre a lo largo de aproximadamente tres meses. De hecho es muy factible que dentro de dicho período, las fechas en que se desarrolla y hace visible el nuevo anillo en el borde varíen conforme las condiciones ambientales particulares que le toque vivir a los individuos cada año. Esta hipótesis se apoya en las observaciones realizadas por Cordivola de Yuan (1971) y Araya y Sverlij (1999) para la temporada 1993-1994, en la cual registraron un porcentaje de los otolitos con un incremento marginal pequeño; que asociaron con el impacto del frío, el cese de alimentación y el ciclo hidrológico particular de esa temporada.

Mediante el contraste de edades asignadas por progresión de tallas modales con edades asignadas por lectura de otolitos, se pudo confirmar que, en el sábalo, se agrega sólo un anillo de crecimiento cada año en el otolito *lapillus*, al menos desde el primer año hasta los 5 años de vida. Dado que el patrón de formación de los anillos no varía en individuos que superan ampliamente esta edad (Figura 1) lo más probable es que esta dinámica de marcación anual del otolito continúe durante toda la vida de los ejemplares. En particular, es importante destacar que en el pasaje de juvenil a adulto, cuando se produce la primera reproducción y el paso desde los ambientes de cría en el valle aluvial a los cauces para migrar, evento que ocurre entre el segundo y el tercer año de vida (Bonetto *et al.*, 1981; Agostinho *et al.*, 1993), no se registraron cambios en el patrón de marcación ya que siempre se comprobó la generación de sólo un anillo al año. En otras especies se produce más de un anillo por año a causa de la ocurrencia de cambios drásticos en la alimentación, en los ambientes frecuentados o en aspectos reproductivos (Rossi-Wongtschowski *et al.*, 1982; Saccardo *et al.*, 1988; Vaz-dos-Santos & Rossi-Wongtschowski, 2007).

En el sábalo se observa claramente que el número de años que puede seguirse a una cohorte mediante progresión de las modas es variable. La posibilidad de identificar a los individuos nacidos en un mismo período reproductivo depende de la numerosidad de ese reclutamiento anual. Cuanto más numeroso, más conspicuos son en la estructura de tallas de la población, posibilitando identificarlos durante más tiempo, siempre y cuando no hayan

ocurrido reclutamientos numéricamente similares en los dos años previos o posteriores. No obstante, vistas las estructuras de tallas de la figura 4 esto no parece ser la norma: sólo algunas cohortes (de lo cual el mejor ejemplo es la 2009-2010) generan reclutamientos excepcionales que dominan la estructura de tallas de la población durante años (Lozano *et al.*, 2019). Es más, en el primer o segundo año de vida, los componentes de una misma cohorte pueden presentar más de una talla modal debido al rápido crecimiento sucedido entre muestreos sucesivos que experimenta esta especie al inicio de su vida (Cordiviola de Yuan, 1971; Domingues & Hayashi, 1998), y también a que los nacimientos pueden ocurrir en más de un evento por temporada. Esto puede verse en las estructuras de tallas correspondientes a los períodos oct2010-sep2011 (Figura 4e) y oct2015-sep2016 (Figura 4j) para las cohortes 2009-2010 y 2015-2016 respectivamente.

En la aplicación del método de progresión de modas no pudieron asignarse con certeza edades a partir de la descomposición de las estructuras de tallas más allá de los 5 años. Esto ocurre debido a dos cuestiones fundamentales, una es que a medida que transcurre el tiempo, la mortalidad natural y por pesca hacen disminuir el número de integrantes de cada cohorte y la segunda es que a medida que los sobrevivientes crecen acercándose a tallas más cercanas a la longitud infinita ( $L_{inf}$ ), se mezclan con los ejemplares más grandes de otras cohortes. Es en esta situación cuando surge la necesidad de un buen estimador de la edad para conocer la estructura de edades de la población. En el caso del sábalo, la información de lectura de edades a partir de otolitos es la única posibilidad para continuar registrando la presencia y abundancia de las cohortes de mayor edad. En la estructura de tallas de la Figura 6 se observa que desde los 34 cm de talla en adelante hay una clara predominancia de peces nacidos en 2009-2010, con una edad de 8 años. Esto es un aspecto que debe ser tenido en alta consideración ya que representaría una prueba más de la validez del otolito como herramienta para determinar la edad del sábalo. Como se demostró previamente, esta cohorte tuvo un reclutamiento extraordinario, dominó y dio forma a la estructura de tallas durante al menos cinco años. Luego, a pesar de solapar sus tallas con las de otras cohortes, sigue mostrando -como era de esperar- una clara dominancia en la estructura de edades de los individuos de 34 cm o mayores, probando no solamente que el otolito posibilita discriminarlos claramente, sino también que los reclutamientos extraordinarios serían un mecanismo clave en la biología poblacional del sábalo, ya que los individuos incorporados en dichos eventos dominan la estructura poblacional hasta tanto no ocurra otro reclutamiento de similares características.

El hecho de que se hayan podido identificar de manera precisa sábalos de más de 10 y 20 años en la población a partir de la lectura de otolitos en las pruebas de precisión y que utilizando el otolito también se puedan obtener estructuras de edades de la población fiables, no es sólo un nuevo aporte al conocimiento de esta especie, cuyas edades más allá de los primeros años de vida era difícil de determinar mediante otros métodos. Este hallazgo tiene también importantes implicancias a nivel de la dinámica poblacional de la especie, ya que se confirma que se trata de una especie más longeva de lo que se había determinado previamente, lo cual sería relevante en su estrategia de vida e invita a repensar y replantear la aplicación de algunos modelos pesqueros e índices considerados hasta la fecha que solo utilizan tallas (Baigún *et al.*, 2013) como criterios para el manejo de esta especie.

## Referencias bibliográficas

- Agostinho, A. A.; Vazzoler, A. E. A. de M.; Gomes, L. C. y E. K. Okada (1993). Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas fases del ciclo de vida en la planicie de inundación del alto río Paraná y embalse de Itaipú, Paraná, Brasil. *Revue d'hydrobiologie tropicale*, 26(1), 79-90.
- Araya, M. & Cubillos, L. (2002). The retrospective analysis of the growth in fish and their associated problems. *Gayana*, 66, 161-179.
- Araya, P. R. y Estepa, R. (1991). Estudio preliminar de edad y crecimiento del sábalo *Prochilodus platensis*, Steindachner 1881 (Pisces, Tetragonopteridae). *Biología Acuática*, 15(2), 190-191.
- Araya, P. R. y Sverlij, S. B. (1999). Edad y crecimiento de *Prochilodus scrofa* (Characiformes, Prochilodontidae) en el Alto Paraná, Argentina. *Iheringia - Série Zoología*, 86, 45-54.
- Assis, C. A. (2005). The utricular otoliths, *lapilli*, of teleosts: Their morphology and relevance for species identification and systematic studies. *Scientia Marina*, 69(2), 259-273.
- Bagenal T. B & Tesch, F. B. (1978). Age and Growth. In: T. B. Bagenal (Ed.). *Methods for the Assessment of Fish Production in Fresh Waters* (pp. 101-136). 3rd Ed. Oxford, United Kingdom: Blackwell Scientific Publications.
- Baigún, C.; Minotti, P. & Oldani, N. (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.



- Balboni, L. y Mantinian, J. E. (2021). El sábalo como recurso pesquero en Argentina: los estudios técnico-científicos que contribuyen a una gestión basada en el conocimiento. Coordinación de Pesca Continental, Dirección de Planificación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP. Bs. As., Informe Técnico n° 64, 23 pp. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca\\_continental/informes/proyecto\\_ebipes/index.php](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca_continental/informes/proyecto_ebipes/index.php)
- Beverton, R. J. H. & Holt, S. J. (1957). On the dynamics of exploited fish populations. *Fisheries Investigations*, 19, 1-533.
- Bonetto, A. A.; Canon Verón, M. y Roldán, D. (1981). Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de peces en el río Paraná. *Ecosur*, 8(16), 29-40.
- Cabrera, S.E. y Candia. C. (1964). Contribución al conocimiento de la biología del sábalo (*Prochilodus platensis* Holmberg) del Río de la Plata. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (INTA), Serie 1 - Biología y Producción Animal*, 1(4), 57-83.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, 59, 197-242.
- Campana, S. E.; Annand M. C. & McMillan, J. I. (1995). Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. *Transactions of the American Fisheries Society*, 124(1), 131-138.
- Carbonara, P.; Intini, S., Kolutari, J.; Joksimović, A.; Milone, N.; Lembo, G.; Casciaro, L.; Bitetto, I.; Zupa, W.; Spedicato, M. T. & Sion, L. (2018). A holistic approach to the age validation of *Mullus barbatus* L., 1758 in the Southern Adriatic Sea (Central Mediterranean). *Scientific Reports*, 8, 13219.
- Carozza, C. y Cordiviola de Yuan, E. (1991). Estudios ictiológicos en la laguna La Cuarentena (Isla Carabajal), río Paraná, Argentina: edad y crecimiento del "sábalo" *Prochilodus lineatus* (Val.), período 1984-1985 (Pisces, Curimatidae). *Revue d'hydrobiologie tropicale*, 24(2), 119-129.
- Chambers, R.C. & Miller, T. J. (1995). Evaluating fish growth by means of otolith increment analysis: Special properties of individual-level longitudinal data. (pp. 155-175). In: Secor, D.H; Dean, J.M & Campana, S. E. (Eds.). *Recent Developments in Otolith Research* Columbia, United States: University of South Carolina press.
- Chang, W. Y. B. (1982). A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39, 1208-1210.

- Christensen, J. M. (1964). Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish. *ICES Journal of Marine Science*, 29(1), 73-81.
- Cordiviola de Yuan, E. (1971). Crecimiento de peces del Paraná Medio. I. "Sábalo" (*Prochilodus platensis* Holmberg) Pisces, Tetragonopteridae. *Physis*, 30(81), 483-504.
- De Santana, H. & Minte Vera, C. (2017). Age and growth of *Prochilodus lineatus* in a spatially structured population: is there concordance between otoliths and scales? *Environmental Biology of Fishes*, 100(3), 223-235.
- Dománico, A. y A. Espinach Ros. (2015). *Selectividad de las redes agalleras para el sábalo*. Dirección de Pesca Continental, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP, Bs. As., Informe Técnico n° 24: 24 pp.
- Domingues, W. M. & Hayashi, C. (1998). Estudio experimental sobre anéis diários em escamas nas fases iniciais do desenvolvimento do curimba, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes, Prochilodontidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 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*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP, Bs. As., 27 pp.
- Espinach Ros, A. y Sánchez, R. P. (Eds.). (2007). *Proyecto 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, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP, Bs. As., 60 pp.
- Holden, M. J. y Raitt, D. F. S. (Eds.). (1975). *Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. FAO Documento Técnico de Pesca, Roma, (115), 211 pp.
- Long, J. M. & Fisher, W. L. (2001). Precision and bias of largemouth, smallmouth, and spotted bass ages estimated from scales, whole otoliths, and sectioned otoliths. *North American Journal of Fisheries Management*, 21(3), 636-645.
- Lozano, E. I.; Llamazares Vegh, S.; Dománico, A. A. & Espinach Ros, A. (2013). Comparison of scale and otolith age readings for trahira, *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794), from Paraná River, Argentina. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(1), 130-134.
- Lozano, I. E., Llamazares Vegh, S., Gómez, M. I., Piazza, Y. G., Salva, J. L. & Fuentes, C. M. (2019). Episodic recruitment of young *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836)

- (Characiformes: Prochilodontidae) during high discharge in a floodplain lake of the River Paraná, Argentina. *Fisheries Management and Ecology*, 26(3), 260-268.
- Maceina, M. J. & Sammons, S. M. (2006). An evaluation of different structures to age freshwater fish from a northeastern US river. *Fisheries Management and Ecology*, 13(4), 237-242.
- Morales-Nin, B. (1992). *Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure*. FAO Fisheries Technical Paper, Roma, (322): 51 pp.
- Pascual, A. (1996). *Métodos para el estudio de la edad y crecimiento en peces*. Programa de Pesca VECEP ALA 92/43. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador.
- Pauly, D. (1983). *Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. FAO Documento Técnico de Pesca, Roma, (234), 49 pp.
- Roff, D. A. (1984). The evolution of life history parameters in teleosts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(6), 989-1000.
- Rossi-Wongtschowski, C. L.; Vazzoler, A. E. A. de M. & Braga, F. M. de S. (1982). Estudos sobre estrutura, ciclo de vida e comportamento de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre 22°S e 28°S, Brasil. Morfologia dos otólitos. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 31(2), 57-76.
- Saccardo, S. A; Cergole, M. C. & Bittencourt, M. M. (1988). Age and growth of the southeastern Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, 1981-83. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 36(1-2), 17-35.
- Tavares, R. (2001). *Estudio sobre biodiversidad de tiburones en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques (Segunda Etapa)*. Informe Técnico de la Oficina Nacional de Diversidad Biológica, Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales, Caracas, 74: 76 pp.
- Taylor, G. C. & Weyl, O. L. F. (2012). Otoliths versus scales: evaluating the most suitable structure for ageing largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in South Africa. *African Zoology*, 47(2), 358-362.
- Vaz-dos-Santos, A. M. (2015). Otolitos en estudios de edad y crecimiento en peces. En: Volpedo, A. V. y Vaz-dos-Santos, A. M. (Eds.). *Métodos de estudios con otolitos: principios y aplicaciones/Métodos de estudos com otólitos: princípios e aplicações* (pp. 93-122). 1a edición bilingüe. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: CAFP-BA-PIESCI.

- Vaz-dos-Santos, A. M. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. (2007). Age and growth of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 in the Brazilian South-Southeast Region during 1996-2001. *Neotropical Ichthyology*, 5(3), 375-386.
- Vidal, J. C. (1967). *Contribución al estudio biológico del sábalo de los ríos Paraná y Uruguay (Prochilodus platensis Holmberg)*. Publicación del Departamento de Investigaciones Pesqueras - Dirección General de Pesca y Conservación de la Fauna - Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería, Bs. As., 51 pp.
- Weyl, O. L. F. & Booth, A. J. (2008). Validation of annulus formation in otoliths of a temperate population of adult African sharptooth catfish *Clarias gariepinus* using fluorochrome marking of wild fish. *Journal of Fish Biology*, 73(4), 1033-1038.
- Wright, P. J.; Panfili, J.; Morales-Nin, B. & Geffen, A. J. (2002). Types of calcified structures. In: Panfili, J.; Pontual, H.; Troadec, H. & Wright, P. J. (Eds.). *Manual of fish sclerochronology* (pp. 31-56). Brest, France: Ifremer-IRD coedition.

Este documento puede ser citado como sigue:

Liotta, J.R., Arrieta, P.M. y Colautti, D.C. (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 n° 73, 23 pp.

[https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca\\_continental/informes/baja/index.php](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca_continental/informes/baja/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 73 - Validación del otolito de sábalo

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 23 pagina/s.