

2023

Informe
TÉCNICO OFICIAL

003-24

NO-2024-10553646-APN-DNI#INIDEP

30/01/2024

**Actividad reproductiva de sábalo (*Prochilodus lineatus*)
en los ríos Paraná y Uruguay, durante la bajante
extraordinaria del período 2021-2022.**

María I. Gómez y Carlos M. Fuentes

Citar como:

Gómez, MI y Fuentes CM. 2024. Actividad reproductiva de sábalo (*Prochilodus lineatus*) en los ríos Paraná y Uruguay, durante la bajante extraordinaria del período 2021-2022. *Inf Tec Oficial INIDEP* N.º 003/24, 20 pp.



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO



Actividad reproductiva de sábalo (*Prochilodus lineatus*) en los ríos Paraná y Uruguay, durante la bajante extraordinaria del período 2021-2022.

María I. Gómez¹ y Carlos M. Fuentes¹

¹ Programa de Aguas Continentales, INIDEP

Resumen ejecutivo

La actividad reproductiva de sábalo (*Prochilodus lineatus*), principal recurso pesquero de la Cuenca del Plata, ha sido monitoreada a través de muestreos de ictioplancton en los tramos medio e inferior de los ríos Paraná y Uruguay desde el año 2000, con el auspicio de la Comisión Administradora del Río Uruguay. La serie de 20 años de muestreo ha abarcado condiciones hidrológicas diferentes, incluyendo crecientes extraordinarias, moderadas, y años de aguas bajas. Desde el año 2019 se registra una bajante sin precedentes en los últimos 80 años en los ríos Paraná y Uruguay, con alturas que alcanzaron sus valores más bajos a comienzos de 2022. En este contexto de bajante extraordinaria, se planteó el interrogante de que ocurriría con la reproducción del sábalo, cuyos desoves se asocian habitualmente a incrementos hidrométricos. Durante el período octubre 2021 - marzo 2022, se obtuvo un total de 329 muestras en dos localidades en el río Uruguay y dos en el río Paraná. Los resultados evidenciaron la presencia de larvas de sábalo en ambos colectores. En el río Uruguay medio e inferior, su ocurrencia se asoció estrictamente a incrementos del nivel hidrométrico, alcanzando densidades máximas de 8,7 larvas.m⁻³ en el tramo medio. Las larvas de sábalo estuvieron ausentes en muestras colectadas durante alturas hidrométricas inferiores a los 2 metros, en concordancia con lo observado en los años previos. En el río Paraná, en cambio, la presencia de larvas de sábalo fue casi continua en todo el período, a pesar de las muy bajas alturas, las que nunca superaron el nivel de desborde y conectividad con los ambientes marginales. Las máximas densidades de larvas de sábalo en ambas localidades del río Paraná (con un máximo de 332 larvas.m⁻³) se registraron durante enero, en coincidencia con los niveles hidrométricos mínimos (tanto del período actual como absolutos desde el año 2000), con muy bajas precipitaciones aguas arriba, y máximas temperaturas del agua. Los resultados sugieren que el sábalo depende de caudales mínimos para desovar en el río Uruguay, pero no en el río Paraná. A pesar de la presencia de larvas de sábalo en ambos cursos, e incluso en altas densidades en el río Paraná, su deriva prolongada en un contexto de bajo caudal y la falta de conectividad de los ríos con los ambientes de la llanura de inundación permiten predecir un reclutamiento nulo de la especie durante 2021-2022.

Palabras Clave

Bajante extraordinaria, Characiformes, Cuenca del Plata, ictioplancton, sábalo.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 2000, la actividad reproductiva del sábalo (*Prochilodus lineatus*), principal recurso pesquero de la Cuenca del Plata, es monitoreada en los ríos Paraná y Uruguay, en el marco del Programa de Conservación de la Fauna Íctica y los Recursos Pesqueros del Río Uruguay, auspiciado por la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU) (**Figura 1**). Dicha especie, de hábitos migratorios, realiza desplazamientos ascendentes hasta las zonas de reproducción en donde se producen los desoves entre los meses de octubre y marzo (Fuentes 1998; Fuentes et al. 2018; Vazzoler et al. 1997). Los huevos y larvas derivan luego aguas abajo por el curso principal hasta las áreas de cría (Fuentes 1998; Lozano et al. 2019), lo que hace factible su colecta periódica por parte de colaboradores localizados a lo largo de los cursos.



Figura 1. Estaciones de muestreo de ictioplancton (círculos grises) en el río Paraná medio (Hernandarias y Paraná) y en el río Uruguay (Yapeyú, R.U. Medio y Benito Legerén, R.U. Inferior) durante el período comprendido entre octubre de 2021 y marzo de 2022 .

La importante cobertura espacial y temporal de los productos reproductivos que se obtiene con esta metodología de muestreo ofrece una información robusta e independiente de los datos provenientes de las pesquerías y/o de muestreos experimentales de adultos. En ambientes marinos, esta información permite, entre otras



cosas, realizar inferencias acerca de las zonas de desove, delimitar stocks, así como ofrecer información complementaria acerca del estado del stock desovante (Gledhill y Lyczkowski-Shultz 2000; Hunter y Lo 1993; Keller et al. 1999; Moser et al. 2000; Moser et al. 2001). Hasta dos décadas atrás, en sistemas fluviales los muestreos de ictioplancton fueron utilizados principalmente como herramienta para definir áreas de desove y cría de las poblaciones de peces en zonas fuertemente represadas (eg. Barzotto et al. 2015; da Silva et al. 2019; Silva et al. 2017). Sin embargo, no existen antecedentes de muestreos de ictioplancton de alta frecuencia, conducidos durante tiempos prolongados, como los reportados en los tramos medio e inferior de los ríos Paraná y Uruguay a lo largo de casi 20 años con escasas interrupciones (Fuentes y Espinach Ros 2007; Fuentes et al. 2009, 2012, 2018).

Los períodos reproductivos monitoreados desde el año 2000 (discontinuados durante el período 2017-2021) han abarcado escenarios hidrológicos variables, con años de caudales moderados, años de crecientes extraordinarias y años de aguas bajas. Esta serie de datos ha indicado que históricamente en el río Uruguay no se presentan larvas de sábalo con alturas por debajo de los dos metros a la altura del hidrómetro de Colón (Fuentes et al. 2007). Algo similar se ha encontrado para el río Paraná, en donde los picos máximos de densidad de larvas de dicha especie en cada temporada se han asociado exclusivamente a alturas por encima de los dos metros a la altura de la localidad de Paraná (Fuentes et al. 2018). Durante el período reproductivo 2021-2022 se reanudó la actividad de monitoreo de larvas de peces en un escenario de bajante hidrológica sostenida desde el año 2019, de la que no existen precedentes en los últimos 80 años en la Cuenca del Plata (Instituto Nacional del Agua). En este contexto, y considerando que los incrementos de nivel hidrométrico son reconocidos como el factor desencadenante de los desoves de peces migratorios (Fuentes 1998; Stassen et al. 2010; Vazzoler et al. 1997) el muestreo de ictioplancton durante el período 2021-2022 se desarrolló bajo el interrogante de qué ocurriría con la presencia y abundancia de larvas de sábalo en la deriva.

El presente informe tiene como objetivo general describir la actividad reproductiva del sábalo en el tramo medio del río Paraná y medio e inferior del río Uruguay en un escenario de escaso estímulo hidrométrico, poco favorable además para la deriva y distribución de las larvas, en relación con la actividad reproductiva registrada para los años previos de la serie de datos. Como objetivos específicos se plantean: a) describir y analizar la ocurrencia y abundancia de larvas de sábalo en cuatro localidades de los ríos Paraná (dos localidades, tramo medio) y Uruguay (dos localidades, tramos medio e inferior) a lo largo del período reproductivo 2021-2022; b) analizar la diferencia entre las magnitudes y dinámica temporal de la densidad de larvas de sábalo entre ambos ríos durante el 2021-2022; c) dimensionar la abundancia de larvas de sábalo registradas durante el 2021-2022 en relación a sus valores históricos en distintos contextos hidrológicos para ambos ríos.

METODOLOGÍA.

Obtención de las muestras de ictioplancton

Continuando con la metodología de muestreo desarrollada desde el año 2000, entre octubre de 2021 y marzo de 2022 se llevaron a cabo muestreos intensivos (3 muestras semanales) del ictioplancton en dos estaciones del río Uruguay (Yapeyú, en el tramo medio y Benito Legerén, en el tramo inferior, 24 km aguas debajo de la represa de Salto Grande) y en dos localidades sobre el tramo medio del río Paraná (Hernandarias y Paraná).

Las muestras fueron colectadas en horas de luz, en el canal principal a profundidad media, en su mayoría de manera estacionaria y a una distancia de la costa (en general mayor a 50 m) en donde las condiciones de flujo son permanentes, siempre evitando las zonas de remanso.

El arte de captura consistió en una red cónica de 35 cm de diámetro y 1 m de longitud, provista de un flujómetro en la boca para el cálculo del volumen de agua filtrada (**Figura 2**). La manga consistió en un cono de malla de Nylon con trama de $300\ \mu\text{m}$ unida al aro metálico mediante una banda de tela resistente, no filtrante, de 20 cm. En el extremo posterior se dispuso un vaso colector cilíndrico de PVC, de 20 cm de largo y 8 cm de diámetro, con una ventana lateral de $1,5\ \text{cm} \times 4,0\ \text{cm}$ cubierta con una malla de $300\ \mu\text{m}$.

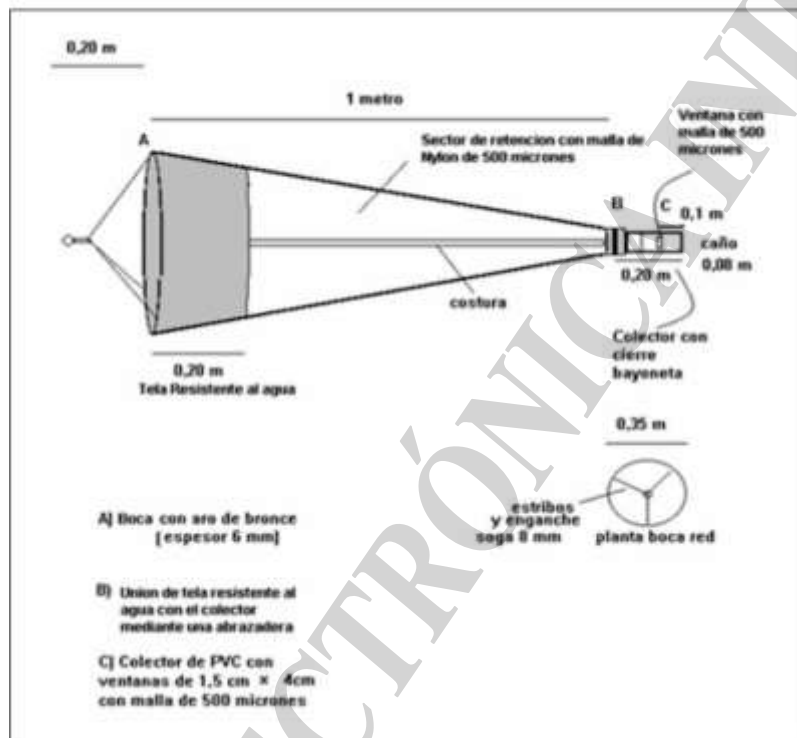


Figura 2. Red de ictioplancton utilizada en la toma de muestras.

El tiempo de filtración fue de 15 minutos en todos los casos, y la muestra obtenida fue conservada en alcohol al 95 %. Conjuntamente con la toma de muestras se midió la temperatura del agua y la velocidad de la corriente (mediante el tiempo transcurrido para la extensión total de un sedal de 10 metros de longitud, provisto de una boya semisumergida en su extremo).

Procesamiento en laboratorio

Una vez en el laboratorio, las muestras se procesaron bajo un microscopio estereoscópico en aumentos entre 6 y 12x. El recuento de larvas de sábalo se realizó extrayendo a todos los ejemplares de la muestra, excepto el caso de abundancias extremas (más de 200 larvas por muestra), en cuyo caso la muestra se fraccionó con un dispositivo tipo Motodo (1959)

para plancton obteniéndose una sub-muestra de entre 25 % y 6,25 % del tamaño de la muestra original de donde la totalidad de las larvas fueron extraídas. Para la identificación de larvas de sábalo (**Figura 3**) se siguieron los criterios e indicadores propuestos por Nakatani et al. (2001) y Sverlij et al. (1993). El total de las larvas acompañantes presentes en la muestra fue cuantificado.



Figura 3. Larva pre-flexión de sábalo (6,7 mm; A=12x).

Cálculo de estimadores de abundancia larval

La densidad de larvas de cada muestra se estimó dividiendo el número de larvas contenidas en ella por su volumen de agua filtrado durante la colecta. Posteriormente, se calculó la densidad media de larvas por semana (δ_{sem}) a partir de las tres muestras semanales.

A fin de ponderar la información de abundancia de todo el período reproductivo en un único valor indicador para las localidades con más largas series de datos (Yapeyú, B. Legerén y Paraná), se calculó, al igual que para los años previos de la serie, un índice de abundancia larval (IAL) para sábalo para cada estación de muestreo, según la fórmula:

$$IAL = \sum_{i=1}^{NS} (\delta_s * T * Q(nh_s))_i$$

Dónde:

δ_s es la densidad promedio semanal en la localidad de muestreo.

T es el tiempo en segundos de una semana.

Q (nhs) es el caudal medio estimado en $m^3 \cdot seg^{-1}$



NS es la cantidad de semanas correspondientes al periodo reproductivo monitoreado.

Cálculos de Caudal y Variables Hidrológicas

Las referencias a niveles hidrométricos para el río Uruguay inferior a la altura de Benito Legerén corresponden al hidrómetro de Colón (E.R.), mientras que el caudal se obtuvo mediante la relación entre el caudal y alturas registrados en los aforos para el período 2003-2004 según la fórmula:

$$Q = 2992 NH - 1597,6$$

en donde Q es el caudal y NH los niveles hidrométricos (Fuentes y Espinach Ros 2007).

Las alturas y el caudal del río Uruguay utilizadas para contrastar con la abundancia de larvas a la altura de Yapeyú (R.A.) fueron las disponibles para Paso de los Libres en la base de datos del Sistema Nacional de Información Hídrica de la República Argentina (Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación).

El caudal del río Paraná utilizado para contrastar con la abundancia de larvas estimada a la altura de las localidades de Hernandarias y Paraná se obtuvo con la relación entre la altura y el caudal del río Paraná en la estación de aforo para la ciudad de Paraná (aforos estación Túnel 1993-2006) según la fórmula:

$$Q = 7917 e^{0.1981 NH}$$

Las larvas pre-flexión de sábalo capturadas a la altura de la ciudad de Paraná, en general, son no viteladas (Fuentes y Gómez 2021; Fuentes et al. 2018), lo que indica que tienen al menos 5 días de vida (Brown y Fuentes 2010); esto sugiere que las mismas son originadas en desoves ocurridos a una distancia considerable hacia aguas arriba (Lozano et al. 2019), posiblemente en las proximidades de la ciudad de Corrientes (**Figura 1**, Cáceres 2020; Fuentes y Gómez 2021; Fuentes et al. 2018). Debido a esto último, fueron considerados para el análisis de la variación temporal de la abundancia de larvas, tanto los niveles hidrométricos a la altura de la ciudad de Paraná (la localidad de muestreo), como los registrados a la altura de la ciudad de Corrientes (próxima a la confluencia con el río Paraguay). Por otra parte, se contempló el efecto eventual de la suma de las precipitaciones semanales a la altura de esta última ciudad como un eventual estímulo de la actividad reproductiva y por ende de la abundancia de larvas de sábalo detectadas aguas abajo.

Índice de Inundación

A fin de poner en contexto la presencia y abundancia de larvas en el escenario hidrológico tanto actual como de los años previos, el análisis de tendencias en la abundancia de larvas fue contrastado con un índice de inundación obtenido como sigue:



$$II = \sum_{i=1}^{NS} NH_i$$

Donde II es el índice de inundación, NH el nivel hidrológico promedio semanal, i la i -ésima semana del periodo de primavera (1/10 hasta 21/12) o verano (22/12 hasta 30 de marzo) y NS es el número total de semanas abarcadas (24).

RESULTADOS

Situación hidrológica general durante el período reproductivo de peces 2021-2022

El período reproductivo octubre 2021- marzo 2022 presentó los niveles hidrométricos promedio, mínimo y máximo más bajos registrados desde el comienzo de los monitoreos de ictioplancton en el año 2000, tanto en el río Uruguay como en el río Paraná (**Figura 4**).

Las alturas hidrométricas en el río Paraná en 2021-2022 se mantuvieron siempre por debajo de la altura límite de conexión con los ambientes marginales (**Figura 4**), lo que resultó en una sequía generalizada de las lagunas durante todo el período. Asimismo, las alturas mínimas estuvieron por debajo del cero en el hidrómetro de Paraná (con un mínimo absoluto de -0,48 m), lo que generó el afloramiento de los bancos de arena y secciones más elevadas del cauce principal. Este contexto hidrológico difirió del que habitualmente se presenta en años de caudales moderados, y fue particularmente diferente al ocurrido durante crecientes extraordinarias como las del 2009-2010 y 2015-2016. Bajo estos últimos escenarios, con alturas máximas que fueron cuatro veces las del período actual (**Figura 4**), la sección de los cauces principales fue máxima y sin interrupciones, y las zonas inundables de los tramos medio e inferior presentaron cuerpos de agua conectados con el canal principal. Esto último, se hace evidente al comparar imágenes satelitales correspondientes al 2016 y 2022 tanto en Paraná, como aguas arriba, a la altura de Corrientes, cerca de las zonas probables de desove de peces migratorios (**Figuras 5 y 6**).

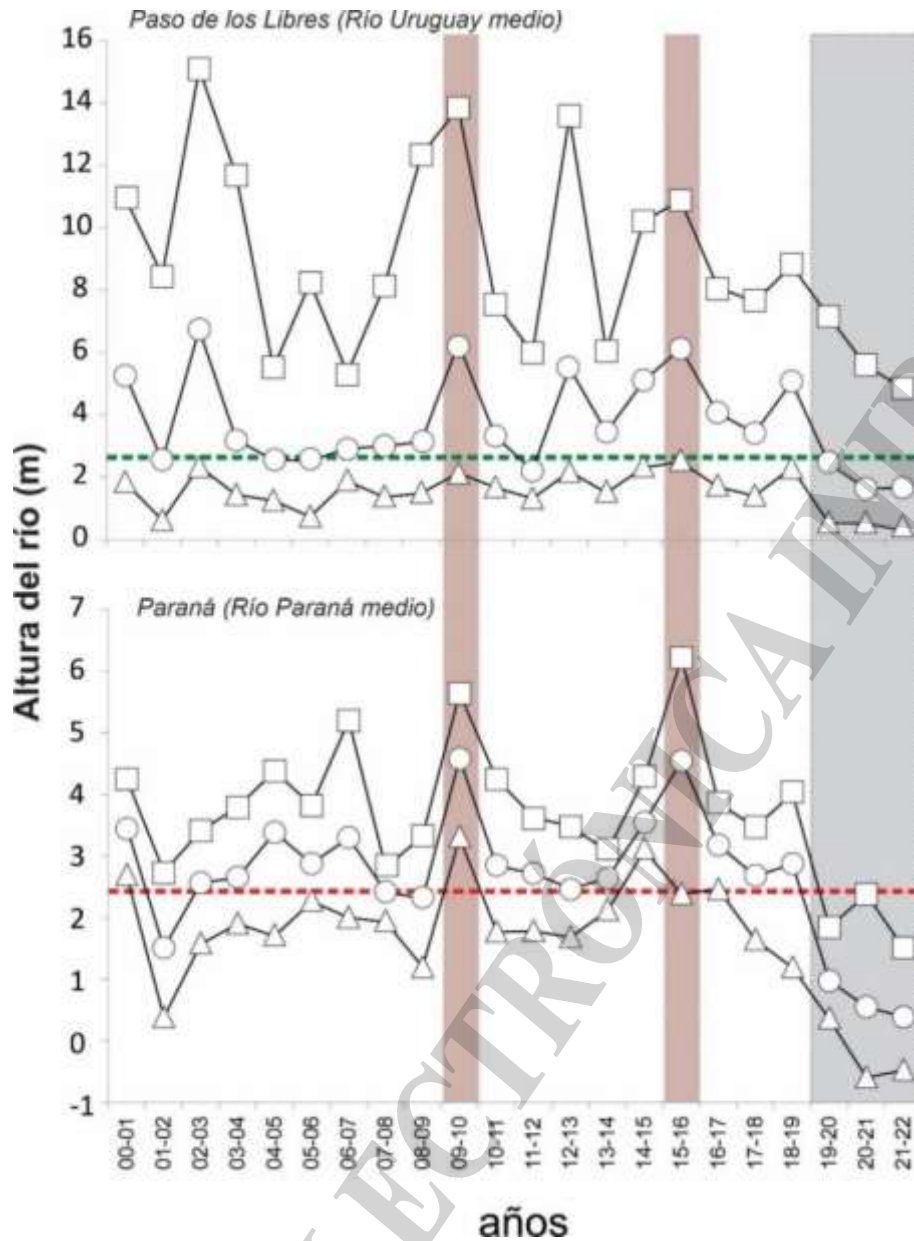


Figura 4. Alturas máximas (cuadrados), medias (círculos) y mínimas (triángulos) de los ríos Uruguay (localidad de Paso de los Libres, arriba) y Paraná (localidad de Paraná, abajo) registradas entre octubre y marzo de cada período reproductivo. El área sombreada en gris consigna el período de bajante pronunciada en la cuenca del Río de la Plata. Las áreas sombreadas en rojo señalan los años de creciente extraordinaria. La línea punteada verde (arriba) es la altura por debajo de la cual tiende a no haber flujo de larvas de peces migratorios de amplio rango en el río Uruguay. La línea roja punteada (abajo) indica el nivel de desborde promedio en el río Paraná.

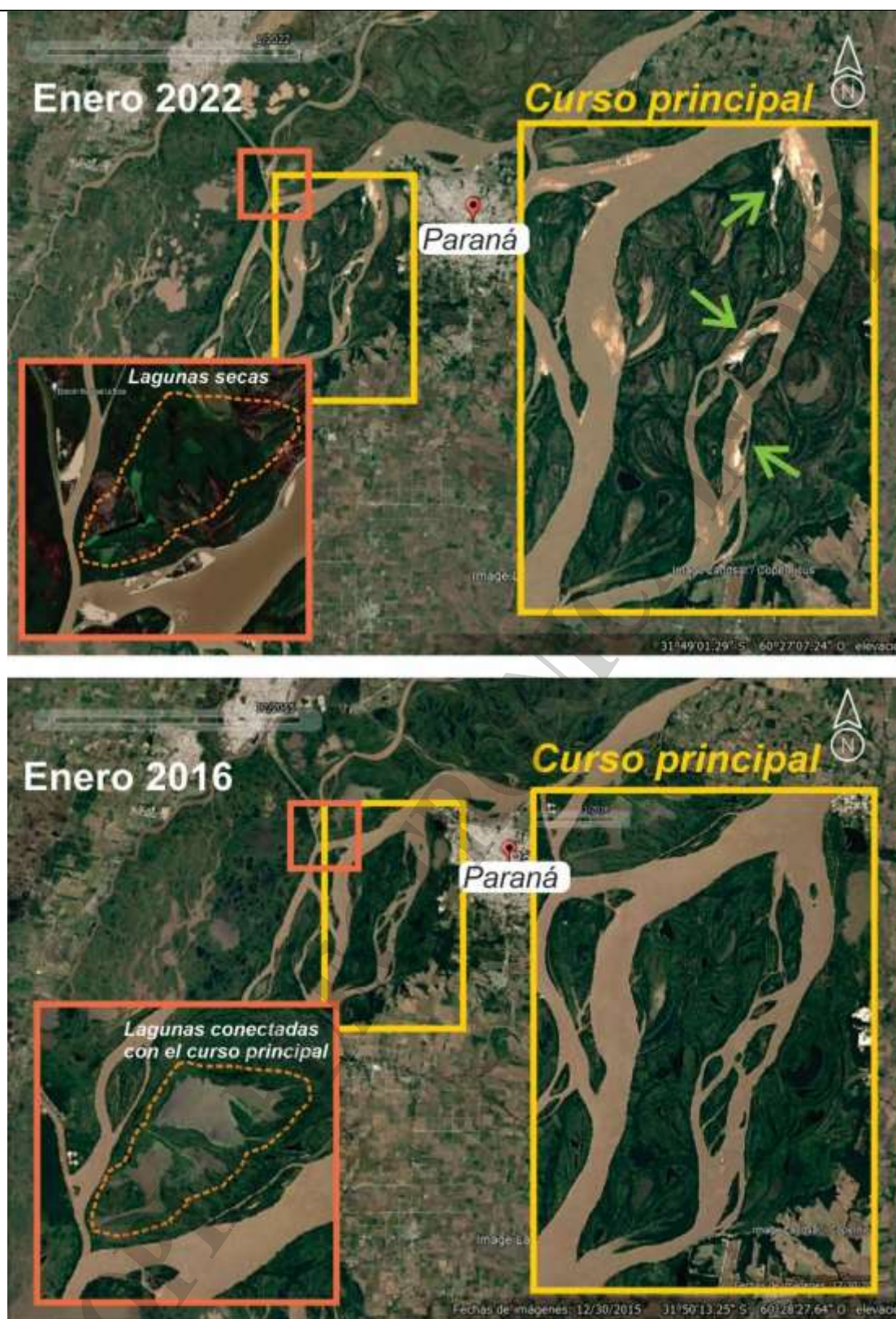


Figura 5. Imágenes satelitales del río Paraná que reflejan el contexto hidrológico durante el período actual de bajante 2021-2022 (arriba) en contraste con la creciente extraordinaria de 2015-2016 (abajo) a la altura de la ciudad de **Paraná**. Las flechas verdes (arriba) señalan los bancos de arena expuestos. El recuadro naranja muestra el detalle de una zona inundable frente a la ciudad de Paraná.

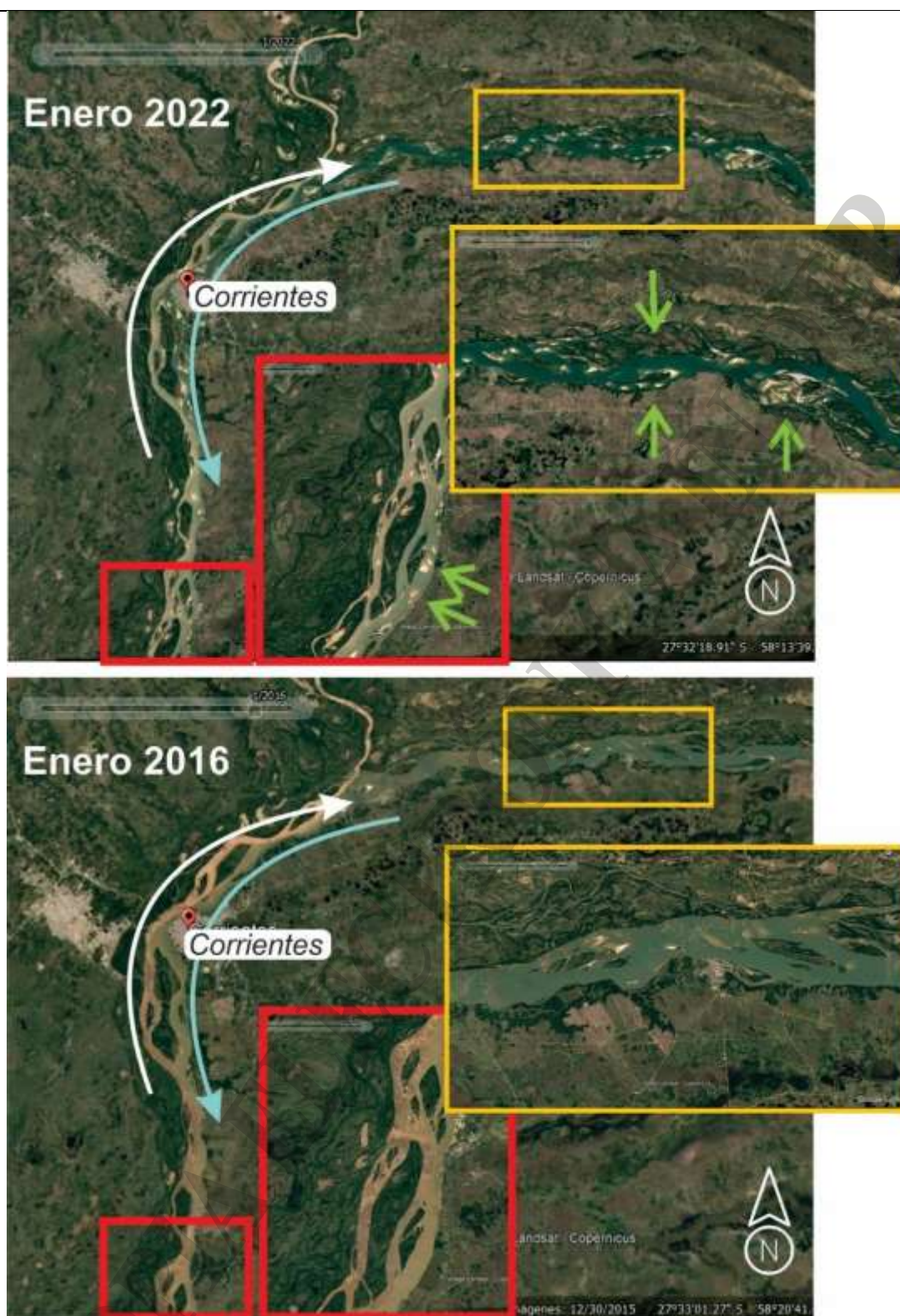


Figura 6. Imágenes satelitales del río Paraná que reflejan el contexto hidrológico durante el período actual de bajante 2021-2022 (arriba) en contraste con la creciente extraordinaria de 2015-2016 (abajo) a la altura de las zonas de desove, cerca de la ciudad de **Corrientes**. Las flechas verdes (arriba) señalan zonas no inundadas y bancos de arena expuestos. Flechas blancas: sentido de la migración ascendente de adultos hacia las probables zonas de desove; flechas celestes: sentido de la deriva de los productos de la reproducción aguas abajo hacia las zonas de cría en el tramo inferior.

Dinámica temporal de la reproducción de sábalo durante el período 2021-2022**Río Uruguay**

La distribución temporal de las larvas totales (variable que incluye además a especies residentes o de escaso rango migratorio, todas agrupadas a los efectos del presente informe) evidenció actividad reproductiva de peces durante toda la temporada en ambos tramos del río Uruguay (**Figura 7**). Sin embargo, las larvas de sábalo estuvieron presentes solo en el 5% (Yapeyú) y 6% (B. Legerén) de las muestras obtenidas, siempre asociadas a niveles hidrométricos por encima de los dos metros en ambas localidades (**Figura 7**). Esto resultó en dos pulsos de ocurrencia de larvas de sábalo a la altura de Yapeyú; uno en primavera, que alcanzó una densidad máxima de 1,2 larvas.m⁻³ asociado a alturas del río de 5,7 m y a una temperatura del agua de 20 °C, y otro ocurrido a fines de marzo, de 8,7 larvas.m⁻³, durante el aumento del nivel del agua hasta los 2,4 m con temperaturas de 20 °C. En el tramo inferior, la presencia de sábalo se concentró en un único pulso que alcanzó las 0,53 larvas.m⁻³ durante el ascenso del nivel del agua en primavera hasta los 3 m y con una temperatura del agua de 21 °C. Durante el verano, en un escenario de agua bajas en todo el río Uruguay y temperaturas de agua máximas (25 °C), no se detectaron larvas de esta especie (**Figura 7**).

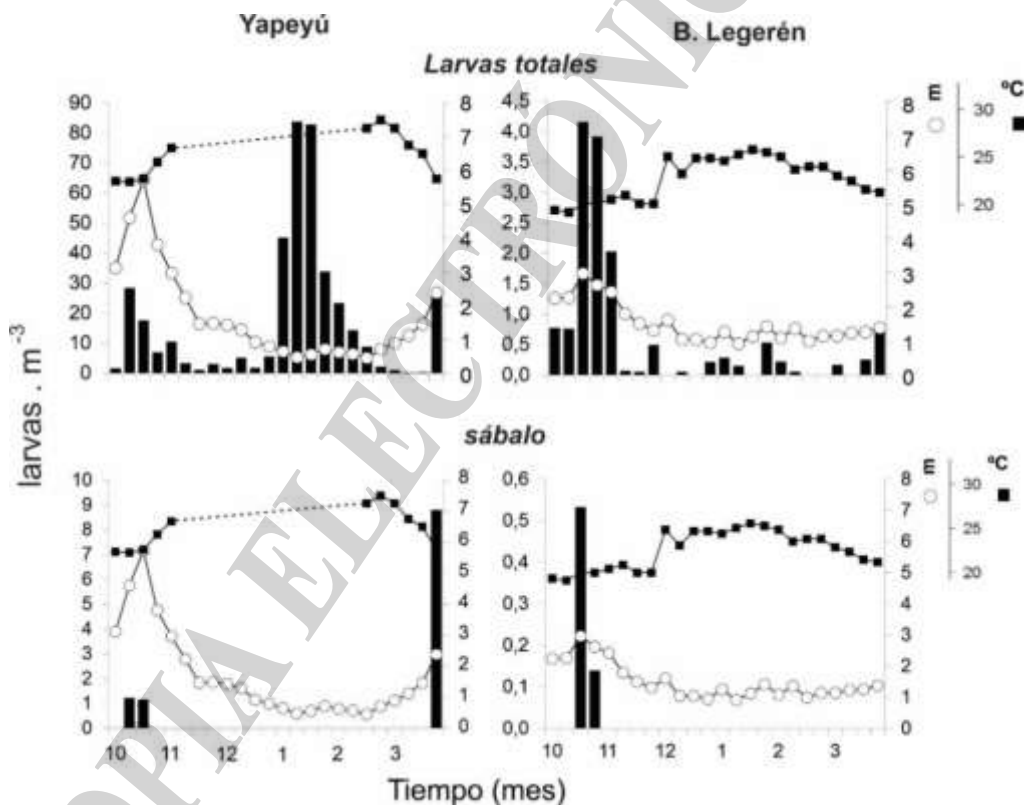


Figura 7. Variación temporal de la densidad de larvas (barras negras, eje izquierdo) totales (arriba) y de sábalo (abajo) en las localidades de Yapeyú (tramo medio) y Benito Legerén (tramo inferior) del Río Uruguay durante el período octubre 2021-marzo de 2022. Eje derecho (círculos blancos): niveles hidrométricos (en metros) correspondientes a Paso de los Libres (Yapeyú) y Colón (Benito Legerén). Segundo eje derecho: temperatura media semanal del agua (cuadrados negros). Línea punteada: discontinuidad en los datos de temperatura debido a rotura del equipo.

Río Paraná

Durante todo el período de muestreo se detectaron larvas de peces (larvas totales) en las muestras obtenidas. La ocurrencia de larvas de sábalo fue, en cambio, algo menor, estando presentes en el 68% y 73% de las muestras obtenidas en Hernandarias y Paraná, respectivamente. La densidad de sábalo en ambas localidades mostró tres incrementos evidentes (**Figura 8**). El primer incremento de las densidades, que alcanzó las 29 larvas.m⁻³ y 6 larvas.m⁻³ en Hernandarias y Paraná, respectivamente, ocurrió asociado a incrementos de las alturas del río hasta 1,4 m y con temperaturas del agua de 22 °C a 24 °C a la altura de Paraná a fines del mes de octubre. El segundo pulso de reproducción ocurrió durante el mes de enero, y se tradujo en las densidades máximas de larvas de sábalo alcanzadas para todo el período tanto en Hernandarias (43 larvas.m⁻³) como en Paraná (332 larvas.m⁻³). Notablemente, este pulso coincidió con el momento de mínima altura hidrométrica y precipitación, tanto local como de aguas arriba a la altura de Corrientes, y con los valores máximos de temperatura del agua del período, que alcanzaron los 28 °C. El tercer incremento de la densidad de larvas de sábalo, de hasta 7,4 larvas.m⁻³ (Hernandarias) y 19,5 (Paraná) larvas.m⁻³, ocurrió a fines del verano, en coincidencia con el aumento del nivel del agua del mes de marzo (**Figura 8**).

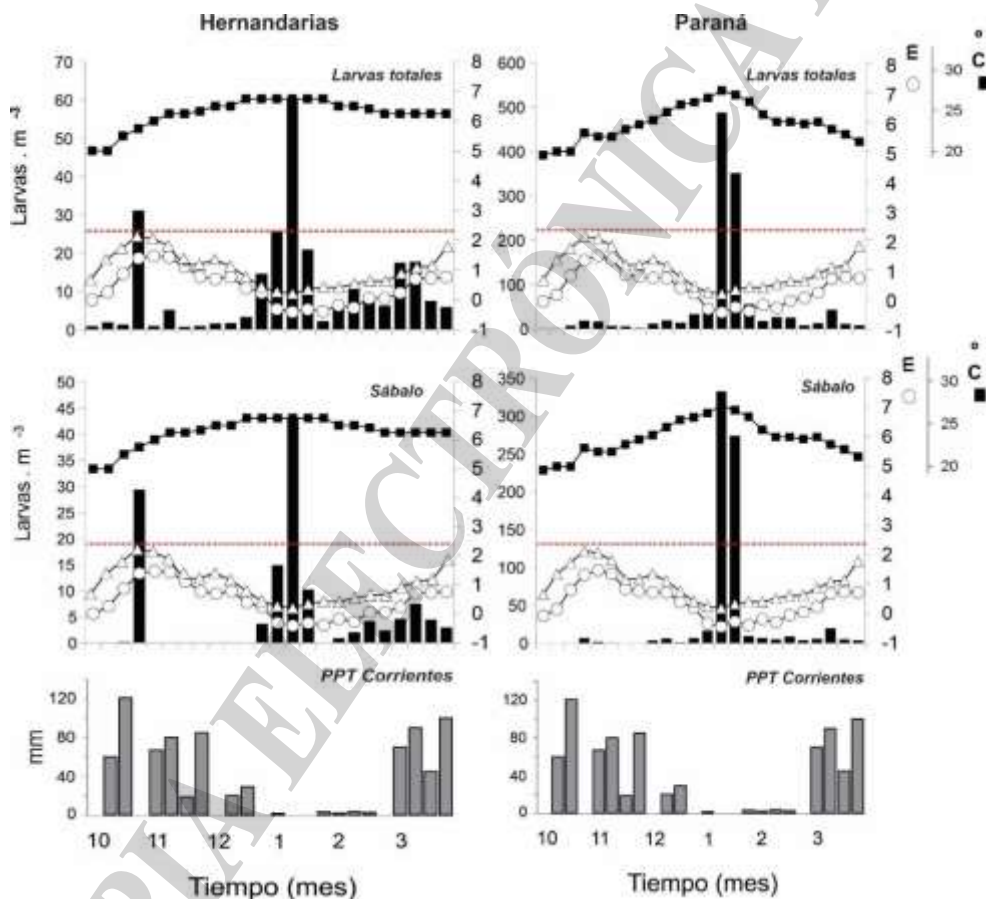


Figura 8. Variación temporal de la densidad de larvas totales y de sábalo (barras negras, eje izquierdo) en las localidades de Hernandarias y Paraná (Río Paraná) y precipitación semanal a la altura de Corrientes (PPT, barras grises) durante el período octubre de 2021-marzo de 2022. Eje derecho: niveles hidrométricos correspondientes a Paraná (círculos blancos) y a la altura de corrientes (triángulos blancos). Segundo eje derecho: temperatura media semanal del agua (cuadrados negros). Línea roja: nivel de desborde y conexión con los ambientes marginales de la llanura de inundación (eje derecho).



Abundancia de larvas de sábalo en el período 2021-2022 en relación a la serie histórica de datos

Río Uruguay

Los índices de abundancia de larvas de sábalo correspondientes al período 2021-2022 en el río Uruguay alcanzaron las 25 y 2 mil millones de larvas en los tramos medio e inferior, respectivamente (**Figura 9**). Si bien estos valores no representan los mínimos IAL registrados desde el año 2000, se ubicaron 0,7 (Yapeyú) y 3 (B. Legerén) veces por debajo del promedio histórico. En ambas localidades, los IAL de sábalo correspondientes al último período coincidieron, además, con los índices de inundación más bajos de toda la serie de datos tanto para la primavera (ca. 30 y 20 m.período⁻¹, Yapeyú y Legerén, respectivamente) como para el verano (cercano a 10 m.período⁻¹ en ambas localidades).

Río Paraná

El río Paraná también presentó durante 2021-2022 un índice de inundación muy por debajo del habitual, con cerca de 10 m.período⁻¹ en primavera e incluso casi 0 m.período⁻¹ durante el verano. Sin embargo, los índices de abundancia de larvas de sábalo no siguieron la misma tendencia, alcanzando en cambio los valores más elevados de los últimos 20 años, con unos 3 billones de larvas a la altura de Paraná. Estos índices fueron 4 veces superiores al promedio histórico para dicha localidad y casi 3 veces mayores a los registrados durante la creciente extraordinaria de 2015-2016 (**Figura 9**).

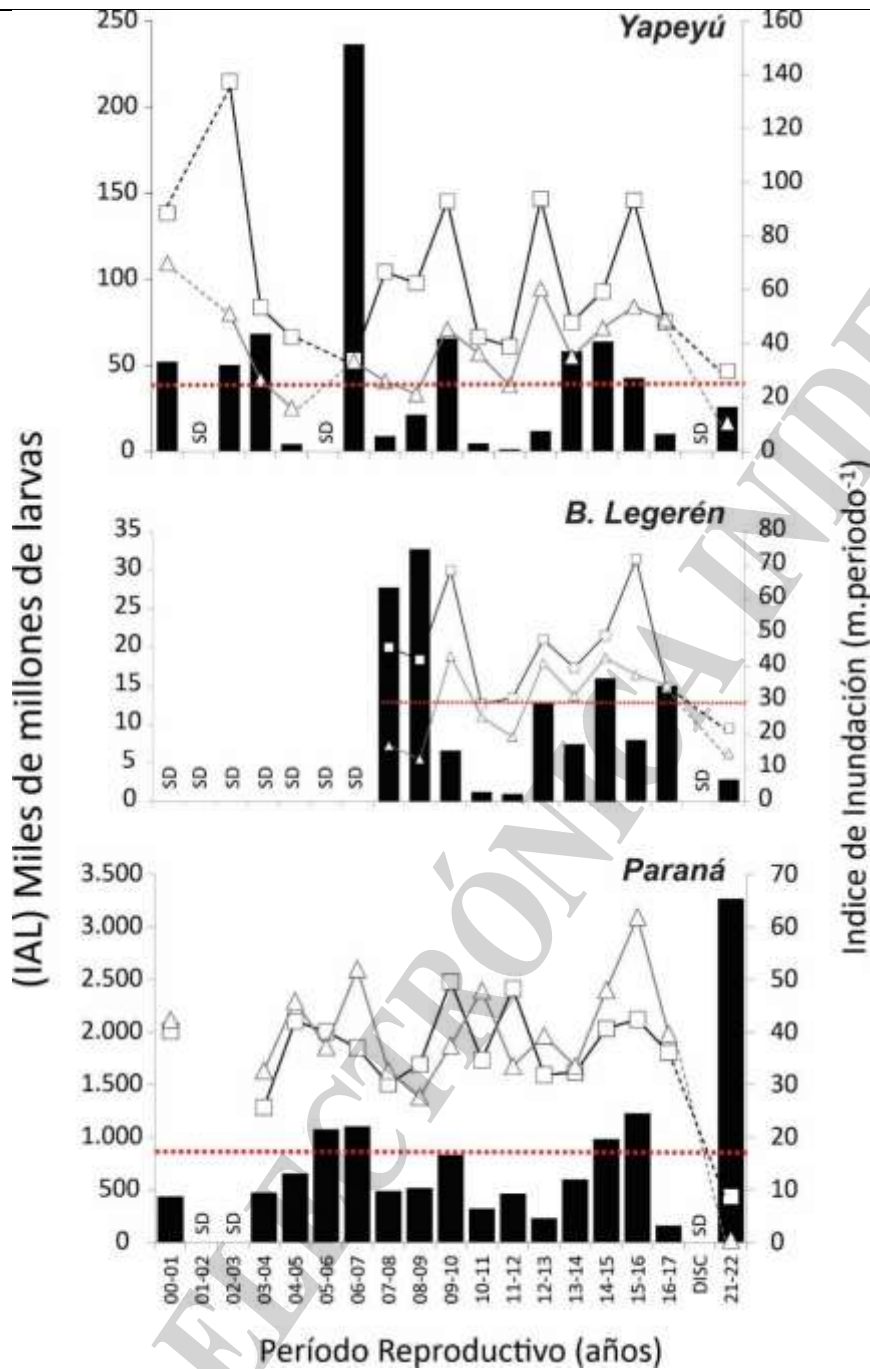


Figura 9. Índices de abundancia larval de sábalo (IAL) para las localidades de Yapeyú, Benito Legerén y Paraná entre los años 2000 y 2022 (barras negras, eje izquierdo). Las líneas de cuadrados y triángulos blancos consignan los índices de inundación de primavera y verano, respectivamente (eje derecho, m.periodo⁻¹). Las líneas de colores punteadas indican el promedio de la serie de IAL para cada localidad. SD: sin datos. DISC: período de tiempo con muestreo discontinuado.



DISCUSION

El muestreo de ictioplancton realizado durante el período reproductivo 2021-2022 constituyó el monitoreo de la reproducción asociado a los niveles hidrométricos más bajos registrados para ambos ríos en toda la serie de tiempo abarcada por esta actividad. En particular, la altura máxima registrada en Paraná durante 2021-2022 alcanzó solamente 1,5 metros, la que durante las últimas dos décadas pudo representar eventualmente el nivel mínimo del agua en la temporada reproductiva. Este escenario implicó un muestreo en condiciones hidrológicas nunca abordadas hasta el presente. Por tratarse el sábalo de una especie de estrategia periódica, con desoves en general asociados a incrementos hidrométricos que facilitan la amplia dispersión de sus larvas hacia aguas abajo y en la llanura de inundación (Agostinho et al. 1993, 2007; Vazzoler et al. 1997; Fuentes 1998; Fuentes et al. 2018; Lozano et al. 2019), un escenario de bajante extrema supone un impacto negativo generalizado en la reproducción.

Una sequía de esta naturaleza generó una preocupación generalizada en los distintos sectores de la pesca y en el público en general, dado que distintos factores pudieron haber operado en desmedro de la reproducción del sábalo y otros peces en ambos ríos. Por un lado, los niveles hidrométricos ocurridos durante, e incluso en los meses previos al período de reproducción, fueron muy bajos. El río Paraná alcanzó valores 50 cm por debajo del cero a la altura de la ciudad de Paraná, tendencia que obligó incluso a la extensión de las escalas hidrométricas disponibles para algunos puertos de la cuenca. Es concebible que tanto las bajas descargas en el río, como las temperaturas del agua, en este contexto más asociadas a las variaciones diarias de temperatura del aire, hayan podido influir negativamente en la reproducción del sábalo. Ambos factores pudieron haber operado sobre la maduración final, la distribución y supervivencia de los adultos, y en especial, las bajas alturas de ambos ríos podrían haber afectado el acceso a las áreas habituales de desove. El bloqueo de tramos producidos por bancos de arena y rocosos expuestos, y en consecuencia, cierto grado de compartimentación de los cursos principales y tributarios, podría haber incrementado la competencia con otras especies por el acceso a áreas de desove. Puede suponerse además, que haya ocurrido un incremento de la depredación en los pozones de refugio localizados en el canal principal durante la bajante extrema. En estos últimos, es importante destacar, es en donde posiblemente los pescadores artesanales hayan ejercido la mayor presión de pesca, con las consecuencias potenciales sobre el segmento de la población en condiciones de desovar.

Sin embargo, la ocurrencia de larvas de sábalo en las muestras obtenidas en ambos ríos sugiere que, aún en condiciones tan desfavorables, las poblaciones de sábalo alcanzaron la maduración final, fueron capaces de migrar hasta sitios adecuados para la fresa, en donde además recibieron los estímulos suficientes para la sincronización final de sus desoves. El impacto directo de la pesca sobre el segmento de la población a desovar, por el momento, no parece haber constituido un impedimento para la llegada de supérstites a las zonas de desove. Esto se vio reflejado en el flujo considerable de larvas durante un período relativamente prolongado del verano en el río Paraná, lo que se tradujo en los índices de abundancia de larvas de sábalo de mayor magnitud en toda la serie de los últimos 20 años a la altura de la localidad de Paraná.

Es necesario mencionar que los índices de abundancia larval de sábalo registrados en ambos ríos en el período 2021-2022, pero en especial en el río Paraná, deben considerarse con cuidado, dado que no son directamente comparables con los estimados para años previos. Es probable que en un contexto de aguas tan bajas y una vez producidos los



desoves, las densidades de las larvas que derivan hacia aguas abajo se hayan incrementado notablemente por la escasa conectividad de la llanura de inundación. El marcado confinamiento de las aguas en los cursos principales y la consecuente concentración de larvas producto de su escasa distribución lateral, podría explicar las altas densidades registradas particularmente en verano de 2022, las que impactaron directamente en el valor del índice para la temporada 2021-2022. No obstante, más allá del valor absoluto de los índices de abundancia, resulta destacable la existencia de reproducción de sábalo y máximos picos de densidad de larvas en toda la temporada en el río Paraná, en coincidencia con los momentos de mínimo caudal.

Notablemente, las condiciones de caudal mínimo, en el río Uruguay, no se asociaron con la presencia de larvas de sábalo, las que fueron detectadas únicamente cuando hubo mayores descargas. Este último hecho, posiblemente haya acentuado la habitual diferencia en los índices de abundancia de larvas (IAL) de sábalo en favor del río Paraná, la que fue de entre dos y tres órdenes de magnitud aquella ocurrida en el río Uruguay.

El registro de altas densidades de larvas en el río Paraná durante condiciones tan atípicas, y el contraste entre los resultados obtenidos en los dos ríos durante dicho escenario, resultan en alguna medida inesperados y enriquecedores para la comprensión de la dinámica temprana de la especie sábalo en la baja cuenca del Río de la Plata. Las diferencias en la dinámica temporal de la deriva de larvas entre los dos ríos fueron realmente marcados. Como era esperado, y tal como fue observado en años anteriores (Fuentes et al. 2018), la ocurrencia de larvas de sábalo en el río Uruguay durante 2021-2022 estuvo exclusivamente asociada a niveles hidrométricos superiores a los dos metros. Por el contrario, fue llamativa la ocurrencia de reproducción de sábalo casi continua durante todo el verano en el río Paraná, en ausencia de incrementos hidrométricos o precipitaciones evidentes, pero con temperaturas del agua máximas. Es necesario puntualizar que los factores predictivos como la temperatura del agua y el foto-período, son reconocidos como determinantes en la maduración final de los peces migratorios sudamericanos (Vazzoler 1996; Vazzoler et al. 1997), y es posible que, en parte, operen en forma distintiva sobre las poblaciones y/o segmentos de maduración asincrónica de la especie sábalo. Sin embargo, son los factores no predictivos como los incrementos de caudal y/o las precipitaciones los que generan, los estímulos más reconocidos para la sincronización final de la reproducción (Agostinho et al. 1993; Fuentes 1998; Fuentes et al. 2016, 2018; Pelicice et al. 2015; Vazzoler 1996; Vazzoler et al. 1997).

La reproducción de peces migratorios en el río Uruguay durante el período 2021-2022, reflejada en un flujo de larvas de sábalo exclusivamente asociado con incrementos hidrométricos, no se registró en aguas bajas de verano y con mayores temperaturas, lo que fue coherente con el modelo de sincronización de la reproducción antes mencionado. Por otra parte, la ausencia de larvas de sábalo durante el verano, no es atribuible a una falla de la dispersión en un contexto de bajo caudal, dado que se registró el flujo de larvas de otras especies de rango migratorio corto o no migratorias, incorporadas en el análisis como larvas totales. Esto permite suponer que la ausencia de larvas de sábalo y de otras especies migratorias de amplio rango migratorio durante aguas bajas en el río Uruguay (informe técnico CARU, in prep.), fue debida a la falta de sincronización de la reproducción. Es necesario esclarecer los mecanismos que logran sincronizar la reproducción en estos escenarios extremos en el río Paraná, y poner en el contexto hidrológico los valores de abundancia de larvas en este y en años futuros a continuación de la presente crisis hídrica.



Los bajos caudales en esta situación hidrológica implican un tiempo prolongado de deriva de las larvas desde la zona de desove hasta los ambientes de la llanura de inundación, los que constituyen sus áreas de cría. Esta situación de deriva prolongada y consecuente falta de alimentación de las larvas en los canales, los que suelen ser ambientes con bajas densidades de plancton, actúa en detrimento de la condición nutricional, habilidad de escape a la depredación y capacidad de colonización de los ambientes marginales (Díaz et al. 2018; Llamazares et al. 2021). Este escenario, finalmente implica pobres reclutamientos (o directamente la falla total de los mismos) a juveniles de la especie sábalo (Lozano et al. 2019). Por lo tanto, durante el período 2021-2022, y a pesar de que los muestreos pusieron el foco en los estadios larvales exclusivamente, puede predecirse la falla de reclutamiento a juvenil de la especie. Este tipo de escenarios durante un período prolongado de varios años como viene ocurriendo desde 2020, podría tener consecuencias negativas sobre la población explotada en un par de años y posiblemente sobre los índices de abundancia larval durante los escenarios hidrológicos, aún favorables, en un futuro.

CONCLUSIONES

El período reproductivo de sábalo durante 2021-2022 coincidió con una bajante hidrológica sin precedentes en las últimas décadas en la Cuenca del Plata. Aun así, se registró reproducción de sábalo en ambos colectores principales de la cuenca, aunque con diferentes dinámicas temporales y relación con las alturas hidrométricas. En el río Uruguay, la presencia de larvas de sábalo se limitó exclusivamente a niveles hidrométricos superiores a los niveles por debajo de los cuales nunca se han detectado larvas de sábalo en los últimos 20 años. En el río Paraná, en cambio, la reproducción de sábalo ocurrió de manera casi continua durante la mayor parte del verano, en coincidencia con alturas hidrométricas inferiores a las habitualmente asociadas a los pulsos de desove, y con sus densidades máximas no coincidentes con incrementos hidrométricos locales o de aguas arriba. Por lo tanto, a diferencia de lo que ocurre en el río Uruguay, hasta el presente, e incluidos los años de la actual bajante histórica, en el río Paraná no se han registrado alturas por debajo de las cuales no se detecte reproducción de sábalo. Esto último sugiere que al menos en situaciones de bajante extrema, las poblaciones de sábalo del río Paraná encuentran estímulos locales para la reproducción, no asociados en forma evidente con cambios en las descargas o precipitaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Agostinho AA., de Vazzoler AEA, Gomes L., Okada O. 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. *Rev Hydrobiol Trop.* 26 (1): 79-90.
- Agostinho AA., Pelicice FM, Petry A., Gomes LC, Júlio Jr. HF. 2007. Fish diversity in the upper Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquat Ecosyst Health Manag.* 10 (2): 174-186.
- Barzotto E, Vanderlei Sanches P, Bialezki A, Orvati L, Gomes LC. 2015. Larvae of migratory fish (Teleostei: Ostariophysi) in the lotic remnant of the Paraná River in Brazil. *Zoologia.* 32 (4): 270-280.
- Brown DR, Fuentes CM. 2010. Daily increments in otoliths of sábalo (*Prochilodus lineatus*) larvae. *J Appl Ichthyol.* 26: 123-125.
- Cáceres, A. 2020. Evaluación de la abundancia espacial y temporal del ictioplancton en la zona de confluencia de los ríos Paraná y Paraguay. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Nordeste: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. 162 p.
- da Silva PS, Miranda LE, Makrakis S, de Assumpção L, Pinheiro Dias JH, Cavicchioli Makrakis M. 2019. Tributaries as biodiversity preserves: An ichthyoplankton perspective from the severely impounded Upper Paraná River. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst.* 29 (2): 258-269.
- Díaz MV, Gómez MI, Sánchez S, Fuentes CM. 2018. Ontogenetic changes in DNA and RNA content of laboratory-reared *Prochilodus lineatus* larvae: use of RNA/DNA ratios as indicators of nutritional condition. *Mar Freshw Res.* 69: 455-463.
- Fuentes CM. 1998. Deriva de larvas de sábalo, *Prochilodus lineatus*, y otras especies de peces de interés comercial en el río Paraná Inferior. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 144 p.
- Fuentes CM, Espinach Ros A. 2007. Monitoreo de la actividad reproductiva de peces migratorios en el bajo río Uruguay. Índices de Abundancia Larval durante el período 2000-2005. Informe Interno INIDEP.
- Fuentes CM, Quiroga F, Salva J, Espinach Ros A. 2009. Reproducción de Peces Migratorios. Programa de conservación de la fauna íctica y los recursos Pesqueros del río Uruguay. Informe anual 2008: 59-94.
- Fuentes CM, Gómez MI, Salva J, Brown DR, Espinach Ros A. 2012. Reproducción de Peces Migratorios. Programa de conservación de la fauna íctica y los recursos Pesqueros del río Uruguay. Informe CARU Bienio 2010-2011: 79-127.
- Fuentes CM, Gómez MI, Brown DR, Arcelus A, Espinach Ros A. 2016. Downstream Passage of Fish Larvae at the Salto Grande Dam on the Uruguay. *River Res Applic.* 32: 1879-1889.
- Fuentes CM, Gómez MI, Salva J, Lozano I, Llamazares S. 2018. Actividad reproductiva de peces migratorios estimada a través del flujo de larvas. Índices de abundancia larval (IAL). Periodos 2014-2015 y 2015-2016, y análisis en retrospectiva 2008-2016. 75p.
- Fuentes CM, Gómez MI. 2021. Estadios de desarrollo temprano de sábalo en el río Paraná. Informe técnico No 61, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Gledhill CT, Lyczkowski-Shultz J. 2000. Indices of larval king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) abundance in the Gulf of México for use in population assessments. *Fish Bull.* 98: 684-691.
- Hunter JR, Lo H. 1993. Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. *Bull Mar Sci.* 53: 723-727.
- Keller AA, Klein-MacPhee G, St. Onge-Burns J. 1999. Changes in abundance and distribution of ichthyoplankton in Narragansett Bay, RI - A response to changes in environmental quality? *Estuaries.* 22 (1): 149-163.
- Llamazares Vegh S, Lozano IE, Diaz MV, Gómez MI, Sánchez S, Fuentes CM. 2021. Effects of feeding condition on the morphology, behaviour and nutritional status of *Prochilodus lineatus* early larvae during downstream drift: a laboratory experiment approach. *Mar Freshw Res.* 72: 1329-1339.



- Lozano IE, Vegh SL, Gómez MI, Piazza YG, Salva JL, Fuentes CM. 2019. Episodic recruitment of young *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) during high discharge in a floodplain lake of the River Paraná, Argentina. *Fish Manag Ecol.* 26: 260–268.
- Moser HG, Charter RL, Watson W, Ambrose DA, Butler JL, Charter SR, Sandknop EM. 2000. Abundance and distribution of rockfish (*Sebastes*) larvae in the Southern California Bight in relation to environmental conditions and fishery exploitation. *Calif. Cooperative Ocean. Fish Investig Rep.* 41: 132–148.
- Moser HG, Charter R., Watson W, Ambrose DA, Hill KT, Smith PE, Butler JL, Sandknop EN, Charter SR. 2001. The calcofi ichthyoplankton time series: potential contributions to the management of rocky-shore fishes. *CalCOFI Rep.* 42.
- Motodo S. 1959. Devices of simple plankton apparatus. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 7: 73-94.
- Nakatani K, Agostinho AA, Baumgartner G, Bialetzki A, Sanches PV, Makrakis MC, Pavanelli CS. 2001. Ovos e larvas de peixes de água-doce: desenvolvimento e manual de identificação. Editora da Universidade de Maringá, Maringá, Paraná, Brazil, 378 pp.
- Pelicice FM, Pompeu PS, Agostinho AA. 2015. Large reservoirs as ecological barriers to downstream movements of Neotropical migratory fish. *Fish Fish.* 26 (4). 697-715.
- Silva JC, Rosa RR, Galdioli EM, Soares CM, Domingues WM, Veríssimo S, Bialetzki A. 2017. Importance of dam-free stretches for fish reproduction: the last remnant in the Upper Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 29, 17p.
- Stassen MJM, van de Ven MWPM, van der Heide T, Hiza MAG, van der Velde G, Smolders AJP. 2010. Population dynamics of the migratory fish *Prochilodus lineatus* in a neotropical river: The relationships with river discharge, flood pulse, El Niño and fluvial megafan behaviour. *Neotrop Ichthyol.* 8: 113–122.
- Sverlij SB, Espinach Ros A, Orti G. 1993. Sinopsis de los datos biológicos y pesqueros del sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847). *FAO Sinopsis sobre la Pesca*, No.154. Roma, 64 p.
- Vazzoler AEAM. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM/Nupélia. 116p.
- Vazzoler AEAM, Agostinho AA, Hahn NSA. 1997. *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, 768p.