

**PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE LA FAUNA ICTICA Y LOS
RECURSOS PESQUEROS DEL RIO URUGUAY**

**INFORME DE ACTIVIDAD DE MARCACION DE SURUBÍ 2022.
SUBPROGRAMA DE MARCACION DE GRANDES PECES MIGRATORIOS.
JUNIO-JULIO 2022**

**Fuentes, C.; Foti, R.; Duarte A.; Chocca J.; Castro Machado F.; Ojeda P.; Procura
H. y M. I. Gómez.**

RESUMEN

Durante 10 jornadas de trabajo en el Área de Veda establecida por la CARU a la altura de Puerto Yerúa (resolución CARU N° 29/2007), distribuidas en dos períodos de siete (junio) y tres (julio) días, en los que participaron 40 embarcaciones deportivas argentinas y uruguayas (máximo 16 diarias), se capturaron 307 ejemplares de surubí pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) mediante técnica de trolling. Los ejemplares que tuvieron tallas de entre 59 y 165 cm, con un peso que varió entre 1,7 y 52,5 kilogramos, y fueron enganchados en un 56,6 % de la cola o la región caudal, un 19,3 % de la dorsal, y en menor medida de los flancos y la cabeza. La captura demandó normalmente alrededor de 20 minutos y los ejemplares, que fueron mantenidos siempre en el agua, se recuperaron rápidamente en la mayoría de los casos.

En la experiencia, un total de 298 ejemplares de surubí fueron marcados con dardos PDL (231), PDAT (61) y PDXL (6). La eficiencia de marcado fue 5,7 veces mayor a la obtenida en la experiencia desarrollada durante 2015 (123 marcas, en 24 días de trabajo). Del total de ejemplares marcados, 8 fueron recapturados durante la experiencia en el área de veda (2,68 % de recaptura), y tres (~ 1% de recapturas) en los primeros 20 km aguas abajo de Salto Grande, durante los 4 meses posteriores. El porcentaje de recapturas fue similar al obtenido durante 2015 (2,44 % durante y 1,63 % posterior a la experiencia).

Existe un tramo dentro del área de veda de alrededor de 2 km² que comprende la zona de mayor actividad de clavado de surubí por técnica de trolling. A partir de las capturas y recapturas obtenidas durante la experiencia se puede estimar que en el área de clavado podría distribuirse una biomasa en torno a las 221,7 toneladas, o tal vez superior, considerando que existen áreas poco accesibles a los señuelos.

Introducción

El surubí pintado *Pseudoplatystoma corruscans* es un pez ictiófago, de gran tamaño y hábitos migratorios, que habita la totalidad de la Cuenca del Plata. Es un pez emblemático para la actividad pesquera tanto comercial como deportiva en todos los ríos de la cuenca (Nadalín et al., 2011). Puede decirse que al igual que la mayoría de los grandes peces migratorios de la cuenca, presenta una mayor abundancia en el río Paraguay y el tramo medio del río Paraná (Espinach Ros & Fuentes, 2000). En el río Uruguay, aunque está presente en todo su curso, su abundancia es baja, como lo atestiguan los múltiples usuarios del recurso (pescadores artesanales y deportivos) y los datos provenientes de las actividades desarrolladas en el Programa de Conservación de los Recursos Pesqueros de CARU (PCRP-CARU) hasta el presente (Informes Anuales CARU, 2007-2021). En la baja Cuenca del Plata se lo ha categorizado como especie vulnerable de máxima prioridad (Baigún, Colautti, López, Van Damme, & Reis, 2012)

Se han observado ejemplares de *P. corruscans* de hasta 1750 mm de largo total y 80 kg de peso, aunque existen referencias de ejemplares de mayor tamaño (Delfino *et al*, 1999). En concordancia con su gran tamaño el alcance de sus desplazamientos puede ser muy pronunciado; estos estarían por un lado asociados al comportamiento reproductivo y son los que se efectúan por el curso principal, mientras que otros de menor envergadura responderían a la búsqueda e identificación de hábitats y zonas de alimentación. A su vez, la distribución de los peces migratorios entre los distintos hábitats y la sincronización de la reproducción, depende en gran medida de las fluctuaciones hidrométricas en el tiempo.

Es un pez desovante total de elevada fecundidad. En general su reproducción está asociada con incrementos hidrométricos en el río Paraná Medio (Fuentes, 1998; Fuentes et al., 1998), en el río Paraguay (Cáceres, 2021), y en el río Uruguay Medio, tramos en donde es frecuente su captura, muchas veces en avanzado estado de maduración gonadal. Se reproduce entre octubre y marzo, aunque los máximos de actividad reproductiva ocurren en verano entre diciembre y marzo (Fuentes, 1998, Fuentes et al, 20219, Cáceres, 2021). En la Cuenca del Plata se han descriptos eventos reproductivos de *P. corruscans* en el río Bermejo (Lopez R. en Nadalín et al, 2011), y recientemente se han registrado actividades de cortejo mediante videos en el alto río Uruguay unos 10 km aguas abajo de los Saltos de Moconá (Pachla et al, 2020). En las proximidades a esta última localidad, en 2016 fueron colectadas muestras que contenían huevos que fueron identificados por

medios moleculares como *P. corruscans* (Marques et al, 2017); mientras que, en los tramos aguas abajo del río Uruguay medio fueron capturadas sus larvas (Reynalte-Tataje et al., 2017; Fuentes et al, 2019). En los primeros kilómetros aguas abajo de la represa de Salto Grande, ya en el tramo inferior del río Uruguay, se detectan larvas desarrolladas de la especie. Sin embargo, por el momento se carece de evidencia definitiva que permita suponer que los surubíes adultos se reproduzcan en el río Uruguay Inferior, dado que no se cuenta con registros de ejemplares en estado de maduración gonadal avanzado. Por otra parte, a través de los estudios de ictioplancton del PCRP-CARU se pudo constatar que existe un paso frecuente de larvas viables de edad avanzada de esta especie por la represa de Salto Grande hacia aguas abajo, lo que permite hipotetizar que las larvas que derivan el tramo inferior del río Uruguay en los primeros kilómetros aguas abajo del eje Concordia-Salto, han sido originadas en desoves ocurridos en el tramo medio, que pasan a través de la represa (Fuentes et al., 2016). En cualquier caso, la abundancia de larvas de surubí en el río Uruguay inferior es significativamente menor que la observada en el tramo medio (Fuentes et al, 2019; Márquez et al., 2021; esto permite predecir que, de existir una población de la especie aguas abajo de la represa, esta sería de tamaño más reducido que la que habita el tramo medio.

Por otra parte, parece razonable suponer que una especie de este rango migratorio, que es abundante en el río Paraná pueda utilizar el tramo inferior del río Uruguay como área de distribución. Esta última consideración agrega una duda adicional a la posible existencia de una población de *P. corruscans* propia del río Uruguay inferior. En síntesis, en el río Uruguay inferior está constatada la presencia de larvas, juveniles y también de adultos, pero no existe evidencia de que estos individuos formen parte de una "población" propia del tramo, sino más bien existen indicios que sugieren que el agrupamiento de dichos individuos podría ser originado en áreas relativamente distantes del área de interés que posteriormente reclutan (posteriormente al pasaje a través de la represa) o colonizan (adultos nacidos en el río Paraná) el río Uruguay Inferior (Figura 1).

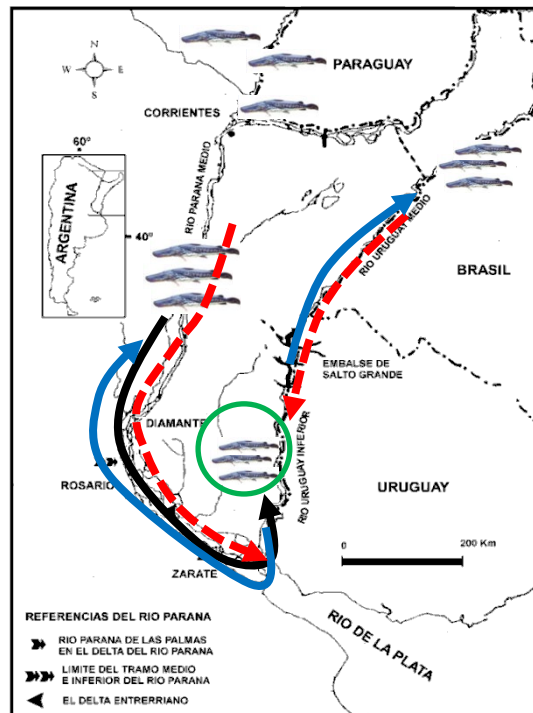


Figura 1. Esquema que explica la localización de zonas de concentración de adultos de surubí en la baja Cuenca del Plata. Las líneas azules indican las migraciones ascendentes de adultos y las rojas punteadas indican la trayectoria descendente comprobada de las larvas de la especie. La línea negra indica la colonización potencial del río Uruguay Inferior por individuos propios del río Paraná. El círculo verde indica los agrupamientos de surubí bajo estudio.

Concentraciones de surubí en el río Uruguay

A pesar de que la abundancia de surubí en el río Uruguay es más bien baja, la especie parece producir concentraciones estacionales en algunas áreas de mayor profundidad, hecho que ante la consulta de los habitantes ribereños es más o menos histórico. En particular, entre 2004 y 2005 se detectaron importantes concentraciones de ejemplares de gran tamaño en el tramo del río Uruguay próximo a Puerto Yerúá (Argentina); en este período, su pesca, por entonces no limitada en el área, constituyó un atractivo para los pescadores deportivos. Durante aproximadamente dos años, se produjeron capturas que en base a cálculos preliminares que podrían ser de un orden de magnitud superior a lo normal. En este sentido, las autoridades pesqueras de la provincia de Entre Ríos, estimaron que se capturaron más de 3000 ejemplares pescados mayormente mediante la técnica de “robado”. Las autoridades de la Provincia de Entre Ríos, manifestaron que, de ocurrir nuevamente una alta concentración de surubíes en Puerto Yerúá, no contaban con

los medios adecuados para garantizar el control de la situación. Esto motivó la preocupación del público en general y al mismo tiempo de las autoridades de la CARU.

Las altas capturas aparentemente favorecidas por una alta vulnerabilidad de los peces en mayor concentración, motivó que de manera precautoria la CARU impusiera una zona de veda permanente de pesca (resolución N° 29/2007) en el tramo del río Uruguay comprendido entre el río Daymán y Corralito (Uruguay) y arroyo Arrebatapas y Embarcadero Ferrari (Argentina) (Figura 2). La prohibición del acceso al área próxima a Puerto Yeruá, que la veda impuso a los pescadores en general, produjo la reacción de algunas asociaciones de guías de pesca las que reclamaron por el perjuicio que la misma les ocasionaba.



Figura 2. Zona de veda CARU resolución N° 29/2007. Área de mayor clavado en naranja.

Evaluaciones de Surubí en el área de Veda

Con el objeto de estudiar más en detalle el fenómeno ocurrido en Puerto Yeruá e identificar las áreas de concentración de surubíes y dorados, CARU coordinó una serie de campañas de evaluación desde abril del 2008. El estudio que se extendió por casi tres años hasta agosto del 2010, involucró la captura y marcación de ejemplares, estudios hidro-acústicos, de la temperatura, turbidez y otras variables limnológicas. Durante el mismo se evaluó la concentración, el estado reproductivo, y preferencia ambiental del dorado (*Salminus brasiliensis*) y del surubí pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) en el tramo Represa de Salto Grande-Meseta de Artigas. Por otra parte, se evaluó la efectividad y las consecuencias de la pesca con la técnica utilizada por los pescadores. El método de captura y recaptura que utilizan marcas externas es uno de los métodos más comúnmente aplicados en la evaluación del movimiento, el crecimiento y la dinámica de la población de los peces (Pine et al. 2003).

La evaluación por métodos hidro-acústicos, en el periodo de invierno, en general, reveló valores intermedios de numerosidad de peces totales en la zona de veda (Puerto Yeruá). Sólo se registró la presencia de surubí durante el invierno, totalizando 20 ejemplares con rango de tallas de entre 70 cm y 156 cm y sin evidencias de maduración gonadal. La captura se produjo mayoritariamente mediante enganche del anzuelo a nivel del abdomen.

Desde 2015 se reiniciaron las tareas de investigación dentro de la zona de veda permanente de pesca (resolución CARU N° 29/2007, donde se probaron métodos alternativos de marcación. En la experiencia, considerada exitosa, se capturaron ejemplares de surubí mediante técnicas de “trolling” y se marcaron con diferente tipo de marcas 123 individuos. Se recapturaron 3 ejemplares durante la experiencia (2,44 %) y 2 en los 4 primeros meses posteriores (1,63 %). Esas tasas de recaptura, fueron equivalentes a 80 veces la tasa de recaptura obtenidas durante el programa de marcación de dorado en la represa de Salto Grande. Por otra parte, se obtuvo evidencia del buen desempeño de las marcas tipo dardo, las cuales, cuando son aplicadas con el tamaño que corresponde, tienen un buen anclaje. Por otra parte, con el objeto de mejorar las posibilidades de recaptura de marcas a futuro, se realizaron tareas de difusión de las actividades de marcación durante otras actividades del Programa de CARU en las áreas potenciales de circulación de los peces en los ríos Uruguay y Paraná.

Durante el periodo 2022 se propuso continuar los trabajos de marcación focalizados en las especies de mayor valor deportivo (dorado y surubí) e ir evaluando los resultados. A partir de las recapturas obtenidas, delinear un plan optimizado de marca y recaptura de dichas especies al menor costo posible, teniendo en cuenta que existen otras actividades en el Programa de Conservación de los Recursos Ícticos de CARU, también relevantes para la toma de decisiones. Asimismo, y teniendo en cuenta que el surubí es particularmente importante por su alto valor deportivo y comercial, y que la zona se encuentra restringida para la pesca por 16 años, se entendía necesario alcanzar un mayor conocimiento a fin de evaluar posibles modalidades de regulación en el manejo del área de forma de asegurar la sostenibilidad de la especie.

El amplio rango de sus migraciones implica que esta especie de peces pueden tener una distribución de gran amplitud que involucra a más de un río y jurisdicciones en la cuenca, lo que caracteriza el desafío que constituye su manejo y conservación; el conocimiento de sus rutas migratorias es un insumo básico para contemplar el alcance de las medidas adoptadas para su protección.

Un abordaje del problema requiere de estudios más extensivos, para responder a cuestiones centrales tales como:

¿Existe una población original de surubí en el tramo inferior del río Uruguay? Por “original” se entiende, que los individuos de esta población se reproducen en el tramo inferior del río y se diferencian de otros que lo hacen en otras regiones.

Hipótesis de trabajo:

H1: Los peces de la especie surubí distribuidos en tramo comprendido entre la represa de Salto Grande y la desembocadura del río Uruguay, constituyen poblaciones propias del río Uruguay.

H2: En el tramo comprendido entre la represa de Salto Grande y la desembocadura del río Uruguay se superponen poblaciones de los ríos Paraná y Uruguay.

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

El objetivo general de la actividad es establecer las rutas migratorias de los individuos de la especie surubí *Pseudoplatystoma corruscans* que se concentran en el área de veda CARU en el bajo río Uruguay. Por otra parte, se desea estudiar la distribución y magnitud de las concentraciones de estos peces, mediante métodos hidro-acústicos.

Metodología

Entre los días 21 y 27 de junio y, 29 y 31 de julio de 2022 se realizó la campaña de marcación de surubí en las áreas de altas concentraciones de individuos en la Zona de Veda CARU (Resolución 29/2007) próximas a la localidad de Puerto Yerúa en el Río Uruguay Inferior. La misma se encuentra enmarcada en el Sub Programa de Marcación de peces migratorios del Programa de Conservación de la Fauna Ictica y los Recursos Pesqueros de CARU.

PARTICIPANTES

<u>Período comprendido entre el 21 y el 27 de junio</u>		
<u>DINARA</u>	<u>Rosanna Foti</u>	<u>Dpto. Acuic. y Aguas Continentales</u>
<u>DINARA</u>	<u>Julio Chocca</u>	<u>Área de Tecnología Pesquera</u>
<u>INIDEP</u>	<u>Carlos Fuentes</u>	<u>Programa de Aguas Continentales</u>
<u>INIDEP</u>	<u>Guadalupe Cascallares</u>	<u>Gabinete de Hidroacústica</u>
<u>INIDEP</u>	<u>Federico Castro Machado</u>	<u>Gabinete de Hidroacústica</u>
<u>CARU</u>	<u>Pilar Ojeda</u>	<u>Departamento de Ambiente</u>
<u>CARU</u>	<u>Gabriela Sena</u>	<u>Departamento de Ambiente</u>
<u>CARU</u>	<u>Marín Betancour</u>	<u>Chofer-Timonel</u>
<u>CARU</u>	<u>Juan Pablo Arévalo</u>	<u>Chofer-Timonel</u>
<u>Municipalidad de Puerto Yerúa</u>	<u>Juan Pablo Godoy</u>	<u>Fiscalización</u>

<u>Período comprendido entre 29 y 31 de julio</u>		
<u>DINARA</u>	<u>Alejandro Duarte</u>	<u>Dpto. Acuic. y Aguas Continentales</u>
<u>INIDEP</u>	<u>Carlos Fuentes</u>	<u>Programa de Aguas Continentales</u>
<u>INIDEP</u>	<u>Bruno Mena</u>	<u>Gabinete de Hidroacústica</u>
<u>INIDEP</u>	<u>Federico Castro Machado</u>	<u>Gabinete de Hidroacústica</u>

<u>CARU</u>	<u>Héctor Procura</u>	<u>Departamento de Ambiente</u>
<u>CARU</u>	<u>Marín Betancourt</u>	<u>Chofer-Timonel</u>
<u>CARU</u>	<u>Leonardo Schaffer</u>	<u>Chofer</u>
<u>Municipalidad de Puerto Yeruá</u>	<u>Juan Pablo Godoy</u>	<u>Fiscalización</u>

EMBARCACIONES DE TRABAJO INVOLUCRADAS

Rio de los Caracoles (CARU)

DINARA I (DINARA)

Vigía (Pto Yeruá)

OBJETIVOS DE LAS CAMPAÑAS

- (1) Optimizar el protocolo de marcado de la especie surubí en el área en estudio.
- (2) Determinar el número de embarcaciones óptimo para realizar las operaciones.
- (3) Marcar la mayor cantidad de individuos de posible en el área de estudio.
- (4) Estimar la talla y el peso de los individuos capturados.
- (5) Obtener el porcentaje de recaptura de individuos marcados durante la experiencia.
- (6) Evaluar el sector de máxima captura por parte de los pescadores deportivos en el tramo de río estudiado.
- (7) Analizar la modalidad de captura de los individuos.

AREA DE TRABAJO

Las zonas de trabajo para la marcación de surubí comprendieron el Área de Veda CARU en el Bajo Río Uruguay, comprendida entre embarcadero Ferrari (Km XX) y la desembocadura del Arroyo Arrebatcapa, mientras que para la determinación de la distribución de las agregaciones de peces el tramo ésta se extendió desde la Meseta de Artigas hasta el paraje embarcadero Ferrari (Figuras 2-3).



Figura 3. Zona de Veda CARU en el bajo río Uruguay (izquierda). Área de concentración de capturas (en amarillo) en el área de veda (derecha).

SITUACION HIDROLÓGICA EN EL RÍO URUGUAY

Durante la primera etapa de la experiencia las alturas del río Uruguay en Concordia estuvieron comprendidas entre 6,46 m el 21 de junio de 2022 y los 8,12 metros el 27 del mismo mes, con una temperatura del agua de 14,6 °C. En ocasión de la segunda etapa las alturas del río se mantuvieron entre 5,76 m el 29 de julio y 6,18 m el 31 del mismo mes y una temperatura del agua de 16,2 °C (Figura 4).

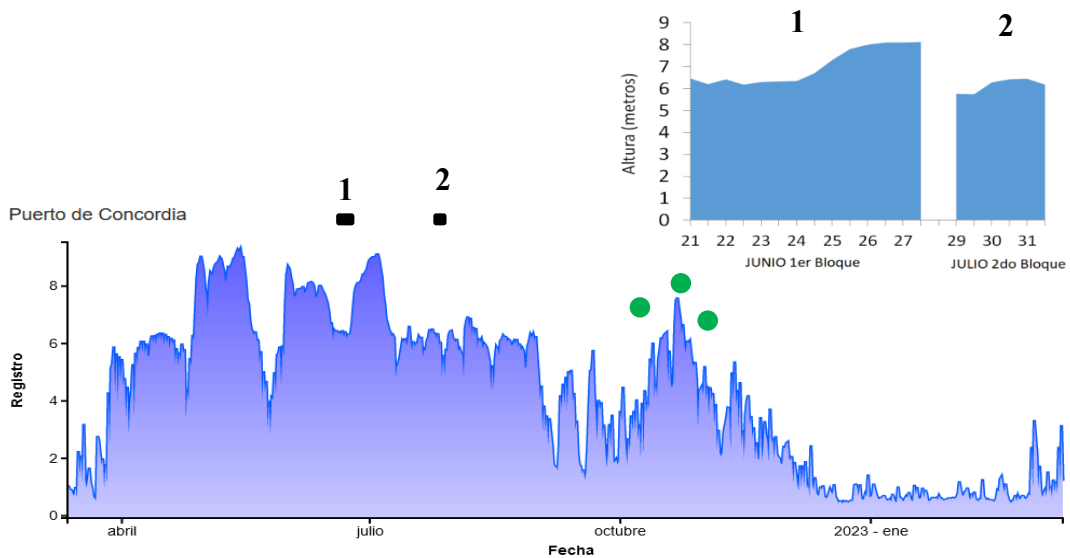


Figura 4.- Evolución de las alturas del río Uruguay en la estación Concordia durante el período comprendido entre marzo de 2022 y marzo de 2023. Lo cuadrados negros indican la semana de trabajo en el área de veda CARU. Arriba a la derecha se consigna el detalle de los niveles hidrométricos durante la experiencia. Los círculos verdes consignan las fechas de recapturas de peces marcados todos a la altura de los primeros 20 km abajo de la represa de Salto Grande.

PESCADORES PARTICIPANTES

A fin de implementar las tareas de marcación de ejemplares de surubí se contó con la participación voluntaria y desinteresada de pescadores deportivos/guías de pesca y/o pescadores artesanales de la zona, los cuales fueron oportunamente convocados. En esta oportunidad, se inició la marcación con la participación de un grupo de hasta 8 embarcaciones (4 por cada margen del río) y en función de los resultados obtenidos, la altura del río y las condiciones meteorológicas pronosticadas dicho número se amplió hasta a 12. Durante los dos períodos (10 días) participaron aproximadamente 40 lanchas (22 argentinas y 18 uruguayas) y un total de 300 pescadores, los cuales operaron en grupos de a tres cañas por embarcación.

COMPENSACIONES POR PIEZA Y COMBUSTIBLE

A los efectos de estimular la asistencia de las personas seleccionadas y cumplir con los objetivos de la experiencia, la CARU compensó con 15 dólares americanos cada una de las piezas capturadas y/o recapturadas. Se suministró a cada embarcación un tanque de combustible a efectos de compensar el gasto producido por los desplazamientos que demandó la técnica de “trolling” durante cada día de trabajo. Asimismo, la CARU contó con señuelos de fondo de reemplazo para ser suministrados a los pescadores en los casos que fueran necesarios para continuar con la actividad.

METODO DE CAPTURA

A fin de garantizar el éxito de la captura de la especie de interés, mientras se desarrolló la actividad, se habilitó de manera excepcional a los pescadores deportivos la técnica de “trolling” mediante el empleo de un señuelo provisto de dos anzuelos triples funcionales ya que este método podría maximizar la tasa de captura y por otro lado permitirá evaluar los efectos de su empleo sobre los peces.

La captura de los ejemplares mediante la técnica de “trolling” de fondo implica el desplazamiento activo de la embarcación en sentido descendente, donde el pescador provisto de una caña con reel con hilo multifilamento delgado arrastra un señuelo de fondo con dos anzuelos triples (Figura 5 y 6). Dicho señuelo posee una paleta plástica la que con el desplazamiento contribuye a la profundización gradual del mismo hasta la

profundidad deseada, en la cual se estima se encuentran los peces agregados. La captura ocurre cuando los peces son simplemente enganchados en profundidad o bien cuando los mismos atacan activamente el señuelo. Luego de un periodo de lucha con el ejemplar que involucra la liberación y cobrado del sedal, a veces en más de una ocasión, el pez es finalmente izado cuando el pescador percibe cierto grado de agotamiento.



Figura 5. Señuelo banana de fondo



Figura 6.- Pescadores deportivos realizando pesca por trolling en el área de veda. La embarcación se desplaza hacia aguas abajo y los señuelos se hunden por detrás de la embarcación.

PROTOCOLO DE EXTRACCION Y DEVOLUCIÓN DE PECES

La actividad estuvo sujeta a un protocolo de extracción y devolución de las piezas cobradas, así como al cumplimiento de las normativas establecidas para la navegación por parte de las prefecturas de ambos países.

La pesca tuvo inicio a las 8 Hs junto con el suministro de bidones de combustible a las embarcaciones y finalizó a las 17 Hs, luego de lo cual fueron abonadas las piezas cobradas. Durante cada jornada la embarcación de la CARU permaneció en las proximidades de cancha de pesca a la espera del anuncio de las capturas por parte de las embarcaciones deportivas. Se proveyó a los titulares de las embarcaciones una bandera roja, las que fueron utilizadas para alertar al equipo de marcación cuando un pescador está cobrando una pieza. Una vez ascendido el pez a la superficie, se solicitó a los pescadores liberar el señuelo y conservar al ejemplar en el agua atado de la cola con un lazo, esperando hasta la llegada de la embarcación CARU (Figura 7). Se indicó que los ejemplares permanezcan siempre sumergidos y que nunca sean extraídos del agua a bordo para la toma de fotografías. Estas últimas fueron tomadas usualmente desde la embarcación CARU con el pez semi-sumergido antes de su liberación (Figura 4).



Figura 7. Pescador durante el proceso de captura (izquierda). Proceso final de la captura por agotamiento de la pieza (centro arriba). Cobrado de la pieza antes de la extracción del señuelo (centro abajo). Lazo y mantenimiento de la pieza en el agua (derecha)

METODOLOGÍA DE MARCACIÓN Y DEVOLUCIÓN

El equipo técnico estuvo constituido de un timonel, un registrador-fotógrafo y dos operadores. Una vez lograda la aproximación de la embarcación de marcado a la de los pescadores, se procedió a emparejarlas en paralelo con el ejemplar en medio. Luego entre

el timonel y un operador situaron al ejemplar en una camilla de tela desde donde se lo mantuvo todo el tiempo posible semi-sumergido. Para los ejemplares de gran tamaño que tendieron a hundirse dificultando la maniobra de izado, se confeccionó un gancho con mango de hierro forrado en manguera plástica con el cual los peces fueron levantados desde la zona caudal lentamente hasta poder subirlo a la camilla. El mismo permitió cobrar las piezas sumergidas de mayor porte desde la zona caudal desplazando el gancho hacia la parte anterior del individuo desde donde se lo pudo ascender y sujetar de la boca para introducirlo en la camilla. Una vez alojado en la camilla los operadores tomaron fotos del ejemplar y de los daños provocados por el artificial y su eventual evolución en caso de tratarse de un ejemplar recapturado. Inmediatamente un operador marcó al pez con un dardo plástico PDL (Hallprint) (Figura 8) mediante punción intramuscular dado el tamaño de las piezas; para maximizar la retención de los mismos el mismo fue aplicado en un ángulo de 45 grados, a una profundidad de aproximadamente 3-4 cm y a unos 3 cm de la aleta dorsal (Figura 9). Las marcas dardo Hallprint están construidas con un eje de nailon con un extremo de púas o arpón que sirve como ancla en el pez. Un tubo de vinilo está moldeado en el eje y se usa para mostrar información de la agencia. Las etiquetas de dardo se inyectaron con una aguja hueca de acero inoxidable comercialmente disponible de Hallprint, Ltd. Cada etiqueta se insertó directamente debajo de la aleta dorsal en un ángulo de 45 grados con respecto al eje horizontal del cuerpo, de modo que la etiqueta se extendiera en una dirección posterior adyacente al cuerpo.



Figura 8. Marca PDAT aplicada a los ejemplares de surubí de más de 35 kg de peso

Mientras el timonel y el operador sostuvieron la camilla, el ejemplar fue medido y se le extrajeron muestras de tejido de la aleta adiposa para futuro análisis genético. Finalmente, el ejemplar fue pesado enganchando la manija de la camilla a una balanza de con capacidad hasta 100 kg asegurada a una tira de caño de hierro galvanizado desde donde los operadores y el timonel izaron al ejemplar y observaron el registro. A medida que se fue colectando la información un operador informó al registrador de los valores en dos ocasiones; el registrador consultó a los pescadores deportivos, los detalles de la captura como el tiempo que demandó la misma, profundidad, nombre de la embarcación y del pescador. A solicitud del pescador se tomó fotografías al mismo con el ejemplar sin subir a la embarcación, lo que demandó segundos antes de recuperarlo. Para la liberación del ejemplar se solicitó a los pescadores retiren el lazo de la zona caudal e inicien maniobras de recuperación (con movimientos lentos del ejemplar en el agua). En el caso de que el ejemplar no se recupere en el plazo de un minuto, el equipo CARU se encargó de la recuperación definitiva del ejemplar.

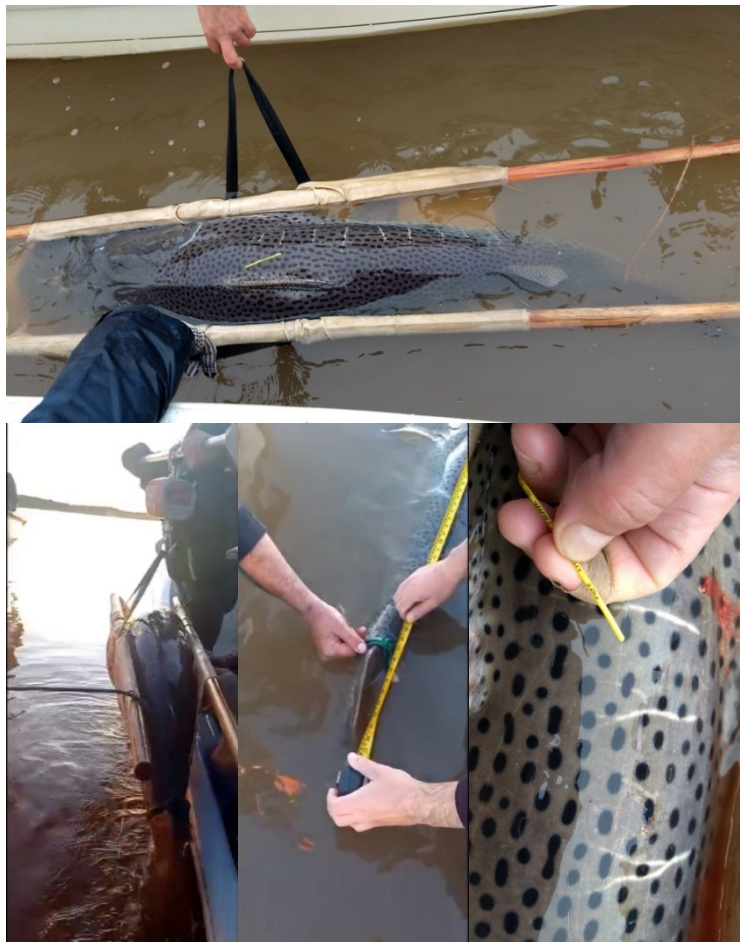




Figura 9. Arriba: ejemplar de surubí en la camilla con la marca PDAT aplicada. Abajo: maniobra de pesado de un ejemplar de 49 kg (izquierda), toma de longitud total del mismo ejemplar (centro), marca de un ejemplar recapturado (derecha)

Figura 10. Fotografías tomadas desde la embarcación Río de los Caracoles (CARU) previo a la liberación de los ejemplares marcados PDL (verde) y PDAT (amarilla).

RESULTADOS

Capturas

Durante los diez días de trabajo se capturaron 314 individuos, todos de grupo Siluriformes (bagres). Tres ejemplares pertenecieron a la especie patí *Luciopimelodus pati*, uno a la especie manguruyú de las piedras o tape *Pseudopimelodus mangurus*, y los restantes 309 todos a la especie surubí *P. corruscans*. Dos ejemplares de surubíes se escaparon durante la maniobra de pesaje lo que motivó el ajuste del protocolo, siendo a posteriori la marcación el primer procedimiento a ejecutar.

De las 40 lanchas participantes en ambos márgenes se conformó un esfuerzo de pesca (medido en número de lanchas * día) de 76 y 36 unidades durante la primer y segunda semana de pesca, lo que arrojó capturas de 202 y 108 surubíes respectivamente (Tabla 1). Durante el transcurso de la experiencia y a diferencia de lo llevado a cabo en la marcación conducida en 2015, el número de lanchas se modificó, en función de la altura del río y los rendimientos apreciados. En ocasión de registrarse las máximas alturas (8 metros) llegaron a operar hasta 16 embarcaciones, número que puede ser considerado como el límite máximo para una operación ordenada en la zona de veda. Dado que la maniobra requiere desplazamientos y la posibilidad de líneas relativamente largas, un número mayor implicaría una mayor posibilidad de interferencia entre las líneas que practican “trolling”.

Tabla 1 Datos de capturas, peces marcados, recapturas, tallas y pesos de surubí en el área de pesca durante la experiencia en 2022.

CAPTURA-ESFUERZO		TALLA-PESO		
PERIODOS			Talla (LT)	Peso (kg)
PRIMER BLOQUE		Máximo	163	52,5
Días	7	Medio	123,40	20,51
Capturas	202	Desvío	21,47	10,12
Marcados	193	Mínimo	73	2,9
Recapturas	5	Mediana	128	20,5
Esfuerzo (lancha * día)	76			
CPUE (captura. esfuerzo ⁻¹)	2,65		Peso Total (kg)	3853
SEGUNDO BLOQUE				
Días	3	Máximo	165	48,5
Capturas	108	Medio	123,34	20,35
Marcados	105	Desvío	22,57	9,61
Recapturas	3	Mínimo	59	1,7
Esfuerzo (lancha * día)	36	Mediana	129	21
CPUE (captura. esfuerzo ⁻¹)	3			
			Peso Total (kg)	2090

TOTAL, EXPERIENCIA				
Días	10	Máximo	165	52,5
Captura	310	Medio	123,38	20,46
Marcados	296	Desvío	21,82	9,93
Recapturas	8	Mínimo	59	1,7
Esfuerzo (lancha * día)	112	Mediana	128	20,5
CPUE (captura. esfuerzo ⁻¹)	2,76			
			Peso Total (kg)	5943

La talla y el peso medio de los surubíes capturados fueron 123,8 cm y 20,46 kg con rangos comprendidos entre 59 cm y 165 cm de longitud total y entre 1,7 kg y 52,5 kg respectivamente (Tabla 1). La relación longitud-peso correspondió a una ecuación del tipo $L=a \cdot P^b$ donde $a=2 \cdot 10^{-6}$ y $b=3,3458$.

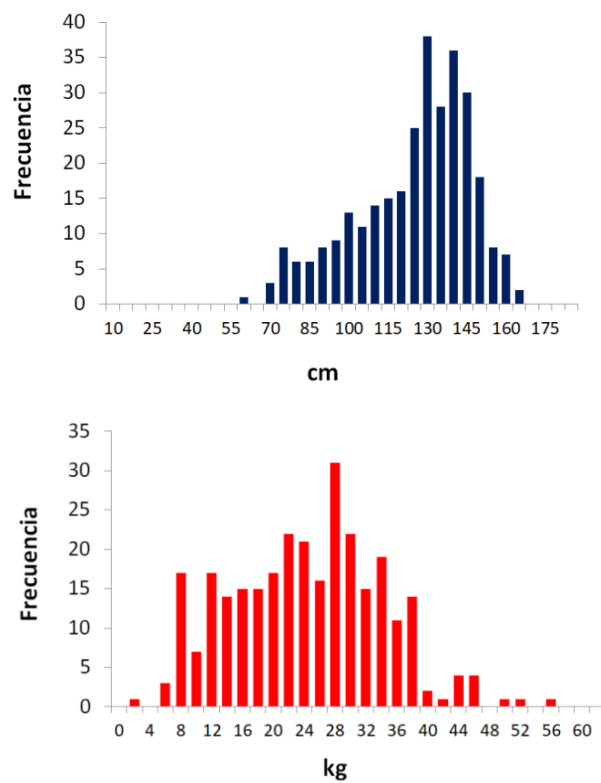


Figura 11 Distribución de tallas (arriba) y pesos (abajo) de los ejemplares de surubí capturados durante la experiencia.

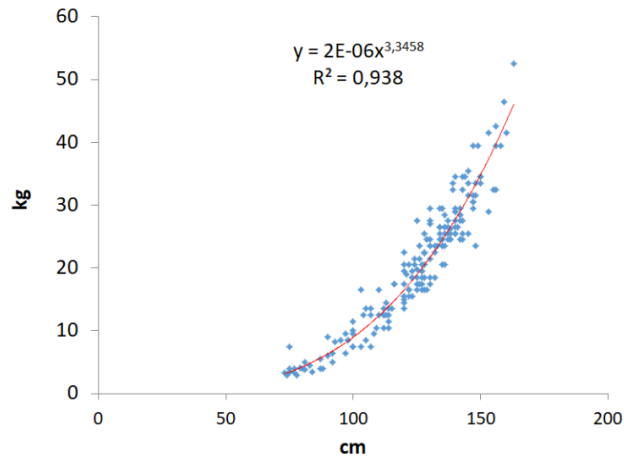


Figura 12. Relación longitud-peso de *P. corruscans* obtenida a partir de los ejemplares capturados durante la experiencia.

Enganche del señuelo

El 56,6 % de los casos los ejemplares fueron robados de la cola o la parte caudal del individuo, y el 19,3 % de la parte dorsal. Aproximadamente un 25% de las capturas se repartieron en los casos de robo de la cabeza, boca, opérculo, abdomen y flanco (Figura 13). En la segunda semana de marcación en los que se registraron las temperaturas más altas, se registraron los casos de mordida del señuelo y en dos ocasiones los ejemplares regurgitaron peces; el número de surubíes capturados desde la boca se duplicó. Esto indica que a fines de la experiencia los surubíes comenzaron un cambio comportamental (alimentación) que se consolidaría en primavera cuando se producirían los desplazamientos hacia el norte y la disminución de las concentraciones en el área de veda.

Marcación

De los 307 surubíes capturados, 298 fueron marcados. De la totalidad de marcas aplicadas 61 correspondieron al tipo al tipo PDAT (amarilla) las que en general fueron aplicadas todas a individuos de más grandes (>120 cm), la mayor parte de las piezas 231 fue marcada con el tipo PDL (verde) más delgada y corta que la anterior, y 6 ejemplares pequeños fueron marcadas con el dardo PDXL (rosa), la de menor tamaño.

Recuperación de los individuos

En general los individuos fueron cobrados en un período de entre 15 y 20 minutos por parte de los pescadores. Posiblemente, esto explique que los ejemplares fueron recibidos para la aplicación de la marca en buena condición, mostrándose vivaces y en muchas ocasiones procurando ganar profundidad. Sin embargo, en algunos casos donde el cobrado se prolongó en el tiempo los ejemplares llegaron agotados y permanecieron flotando con el abdomen hacia arriba. En esos casos se inició un proceso de recuperación, que fue exitoso en casi todos los individuos, luego de lo cual los ejemplares pudieron o no ser marcados. El caso de recuperación más prolongada fue el de un ejemplar que demandó maniobras durante 20 minutos, las que involucraron el sostenimiento de la pieza y desplazamiento lento de la embarcación, lo que logró el retorno de la vitalidad y la sumersión del ejemplar, signo considerado de recuperación definitiva.

Recapturas

Se registraron 8 recapturas durante el transcurso de la experiencia. Cinco ocurrieron durante la primera semana y 3 en la segunda, lo que arroja un porcentaje de recaptura total de 2,68 %, cuando los individuos estuvieron concentrados. Dicho porcentaje es algo superior al registrado durante la experiencia de marcado llevada a cabo durante 2015. Posteriormente y hasta el presente, transcurridos 7 meses desde la experiencia, se reportaron 3 recapturas más por parte de pescadores, 2 deportivos y un pescador particular que lo utilizó para consumo. Los tres ejemplares se recapturaron en los primeros 20 kilómetros aguas abajo de la represa, lo que indica que los individuos se desconcentran y desplazan hacia el norte una vez ocurrido el incremento de las temperaturas de las aguas en primavera.

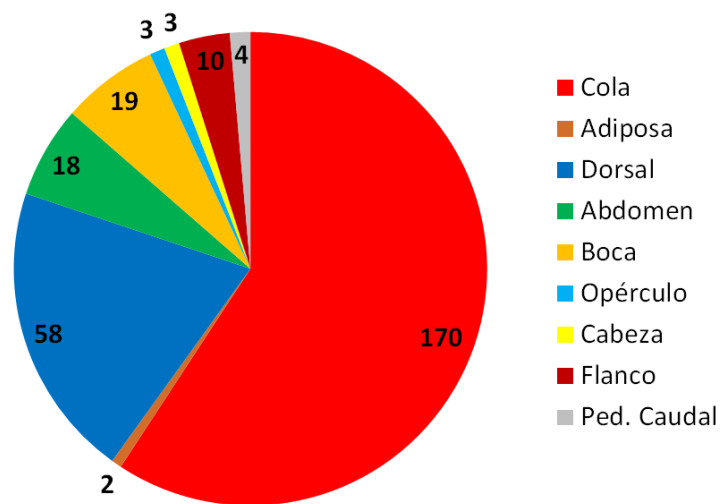


Figura 13. Zona de enganche del señuelo en el cuerpo de los individuos de surubí.

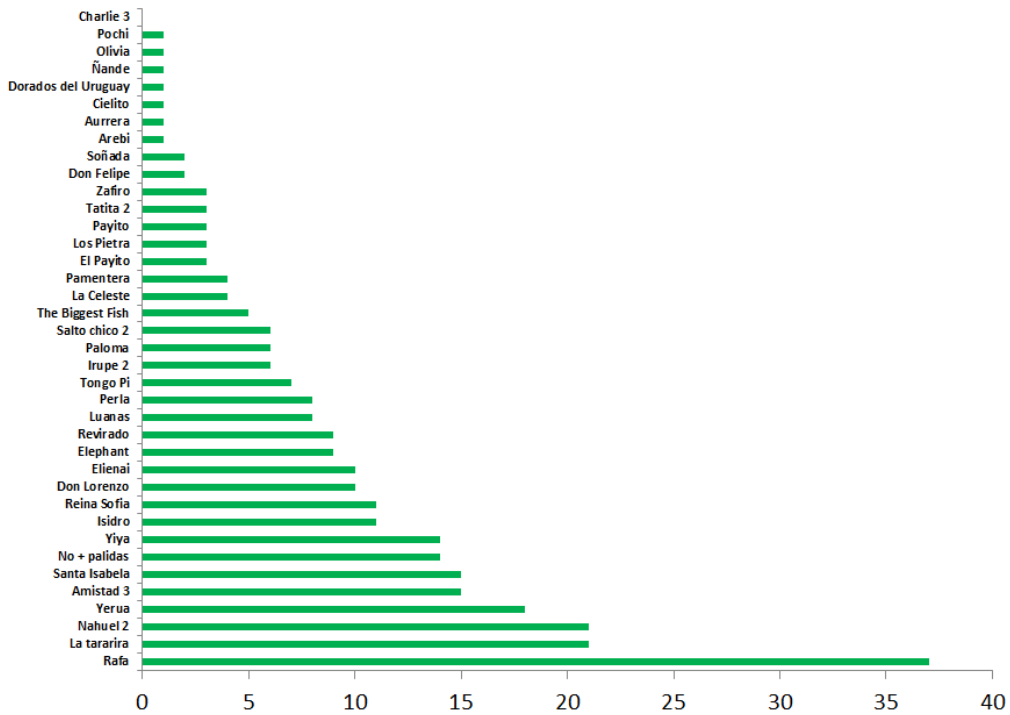


Figura 14. Ranking de captura de ejemplares por embarcación

Estimación de la abundancia a partir de las recapturas

A partir del total de individuos capturados, marcados, el porcentaje de recapturados y el peso de los individuos puede intentarse una aproximación del cálculo de numerosidad y biomasa en el área definida de pesca (clavado), la que fue aproximadamente de 200 hectáreas (2 km, 1km hacia arriba y hacia abajo del casco de estancia sobre margen argentina y los 1000 metros de ancho del río Uruguay en el área de veda). A partir de la información recabada, puede plantearse que el total de los individuos ascendería al menos a 11.119 individuos (a partir de 298 individuos y 2,68% de recapturas), lo que representaría una densidad de peces de 55,59 individuos/hectárea. En base a la totalidad de individuos en peso y el porcentaje de recaptura la biomasa de peces en el área podría ascender a alrededor de 221,7 toneladas, lo que podría constituir 1,1 toneladas por hectárea. Estas estimaciones son lógicamente dependientes de la metodología de captura y cobran sentido bajo el supuesto de que el método aprecia los individuos más numerosos y pesados, lo que posiblemente este sesgado por aspectos vinculados con la capturabilidad por talla. Aun así, los resultados son consistentes con lo observado en 2015, lo que permite establecer un número mínimo de individuos en la zona de pesca en alrededor de esos valores.

Aplicación y retención de las marcas

A partir de la información recabada a las personas que devolvieron las marcas o informaron los peces marcados, puede inferirse que la profundidad del implante del dardo juega un rol relevante en el tiempo de retención de la marca. Las marcas colocadas durante la segunda parte de la experiencia en julio de 2022, fueron inyectadas a mayor profundidad en el tejido muscular. Mientras el reporte de las dos primeras recapturas correspondió a marcas colocadas durante la primera semana indicaban la retención moderada de la marca, el informe del pescador que reportó la tercera recaptura la correspondió a un individuo marcado durante la segunda semana, consignó especialmente la firmeza con la cual la misma estaba retenida, dado que el ejemplar fue faenado. El pescador mencionó que el dardo no salió y se vio obligado a utilizar un cuchillo debido a que el diente del arpón no lo dejaba extraerlo. Es importante destacar que durante la segunda semana de trabajo se inspeccionó un ejemplar y se pudo constatar que, en base a la altura de los paquetes musculares observada en la especie, la profundidad de anclaje de

la marca puede ser mucho mayor a la alcanzada y llegar a más de 7 cm de profundidad en un surubí de 17 kilos. Así puede superar sin problema alguno la numeración superior de la marca, lo que posibilitaría con las marcas PDL un anclaje de al menos 10 cm de profundidad, dejando solamente el número de la marca hacia el exterior del animal, y generar una menor exposición y tracción dinámica de la misma durante la natación del pez. Este factor, junto con un mayor cuidado de las medidas de asepsia durante la aplicación, puede ser clave en la retención de mayor plazo de las marcas y producir un número más elevado de recapturas.

Difusión de la Experiencia

Se considera de suma importancia incrementar la difusión de las experiencias de marcado. En particular se considera necesario la difusión por los medios digitales de la experiencia, además de difundir por medios estáticos en la mayor cantidad de localidades posibles, a las prefecturas, y en persona al grupo de pescadores en los tramos de pesca en la baja cuenca de los ríos Uruguay y Paraná. Como ha ocurrido en otras oportunidades, pueden aprovecharse las distintas actividades del Programa de Conservación de los Recursos Pesqueros de CARU para la distribución del material en las localidades mencionadas.

Referencias Bibliográficas

Pine WE, Pollock KH, Hightower JE, Kwak TJ, Rice JA. 2003. A review of tagging methods for estimating fish population size and components of mortality. *Fisheries* 28: 10–23.

Espinach Ros, A. 1999. Migraciones de peces en el río Uruguay. Primeras Jornadas sobre Conservación de la Fauna Íctica en el Río Uruguay. Publicaciones de la Comisión Administradora del Río Uruguay, noviembre de 1999, p.13-15.

Espinach Ros, A., S. Sverlij, F. Amestoy & M. Spinetti. (1998). Migration pattern of the sábalo *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae) tagged in the Lower Uruguay River. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26, 2234-2236.

Marquez, A, Tourinho, JL, Errico, E, Pereira, AN. Evaluating the presence of interspecific hybrids of the sorubims *Pseudoplatystoma corruscans* and *Pseudoplatystoma reticulatum* in the middle and inferior Paraná and Uruguay rivers using genetic markers. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst.* 2018; 28: 1476– 1480. <https://doi.org/10.1002/aqc.2979>

D. Gaertner, L. Guéry, N. Goñi, J. Amande, P. Pascual Alayon, F. N'Gom, J. Pereira, E. Addi, L. Ailloud, D. Beare. (2022). Tag-shedding rates for tropical tuna species in the

Atlantic Ocean estimated from double-tagging data, Fisheries Research, Volume 248, 106211, ISSN 0165-7836, <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106211>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165783621003398>)

Renfro, D.J., Game, F., Porak, W.F., & Crawford, S. (1995). Tag Retention of Hallprint Dart Tags and Tag-induced Mortality in Largemouth Bass. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Fish and Wildl. Agencies* 49:224-230

Pachla, LA, Hartmann, PB, Massaro, MV, Bastian, R, Pelicice, FM, Reynalte-Tataje, DA. (2020) First record of the mating behaviour of the spotted surubim *Pseudoplatystoma corruscans* in the Uruguay River. *J Fish Biol.* 2020; 97: 1233– 1237. <https://doi.org/10.1111/jfb.14459>

Reynalte-Tataje, D. A., Barcellos, R. P., Hartmann, P. B., Scherer, J. B., Martine, G., Vlieger, I. T., ... Pelicice, F. M. (2017). O Médio Rio Uruguai Como Importante Area de Reproduç~ao Do Surubim-Pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae). *Boletim –Sociedade de Ictiologia de Londrina*, 122, 110–115

Nadalin, D. O., H. L. Lopez y N. Oldani (2011). *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix & Agassiz, 1829). *CIENCIA & NATURALEZA* N° 23 | 2011

Espinach Ros, A. & Fuentes, C. 2000. Los recursos ícticos y pesquerías de la Cuenca del Plata, Pp. 353-388. In: Bezzi, S., Akselman, R. & Boschi, E. (Eds.). Síntesis de las pesquerías marinas argentinas y de la Cuenca del Plata. Años 1997- 1998, con la actualización de 1999. Publicaciones especiales. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, 388 p.

PROSPECCIÓN ACÚSTICA DEL AREA DE VEDA DE PUERTO YERUÁ EN EL RÍO URUGUAY- JUNIO y JULIO DE 2022

Federico Castro Machado¹, Bruno Victorio Menna¹, María Guadalupe Cascallares¹² y Ariel Gustavo Cabreira¹

(1) INIDEP - Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

(2) CONICET - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

RESUMEN

INTRODUCCION

La utilización de ecosondas para la detección y cuantificación de organismos acuáticos constituye actualmente una de las metodologías más utilizadas para el monitoreo de la abundancia y distribución de los recursos pesqueros. Un muestreo acústico se caracteriza principalmente por su alta resolución espacio-temporal, lo que permite prospectar grandes áreas en un corto período de tiempo. Por tal motivo, constituyen la metodología más adecuada para obtener imágenes sinópticas sobre la distribución espacial de peces.

El río Uruguay junto con los ríos Paraná, Paraguay y otros cursos fluviales forman la cuenca del Plata. Tiene sus orígenes en Brasil, siendo su desembocadura en el Río de la Plata, estableciendo una longitud de 1.800 Km. Su curso transcurre por territorio brasilero, forma parte del límite entre Argentina y Brasil y en su último tramo es límite entre Argentina y Uruguay. El aprovechamiento principal que se hace del río es la generación de energía hidroeléctrica, por medio de la represa Salto Grande (propiedad de Uruguay y Argentina). La Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU) es el organismo internacional creado por ambas repúblicas dirigida para lograr una administración conjunta del río.

El área de veda localizada en cercanías de Puerto Yerúa (Provincia de Entre Ríos, República Argentina) es un área que se presenta pozones, caracterizado por un ahondamiento del río donde sus aguas corren más lentas. Se ha relevado detalladamente esta zona mediante técnicas acústicas y se ha descrito que en estas áreas se concentran ejemplares de la especie migradora Surubí pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*). El Surubí pintado es un recurso pesquero importante ya que es objetivo de la pesca artesanal y deportiva. Desde 2008 se han realizado varios relevamientos hidroacústicos

demostrando que existe una concentración importante de peces en el área de veda en comparación a zonas adyacentes (Informes de Asesoramiento y Transferencia INIDEP N° 022/2009, 052/2010, 057/2010).

En el mes de mayo de 2022 se comenzaron a efectuar reuniones entre CARU, INIDEP y DINARA dirigidas a actualizar el equipamiento hidroacústico disponible en el Gabinete de Hidroacústica del INIDEP. Por tales motivos, la CARU oficializó una inversión para adquirir una licencia (de carácter perpetuo) que permitió la activación de un transceptor de la ecosonda que condescendió la posibilidad de operar en banda ancha, adquiriendo información con mayor detalle y resolución vertical. Durante el mes de junio y julio se realizaron dos prospecciones dirigidas para detectar y evaluar la distribución de las principales concentraciones de surubí pintado en el área de veda y zonas adyacente.

Durante la primera salida, las actividades se centraron en detectar las concentraciones de dichos organismos utilizando un patrón de muestreo con transectos en forma de zigzag y transversales a la batimetría. De esta manera se asistió a los pescadores deportivos proporcionando información de la ubicación de los ejemplares con la finalidad de incrementar la tasa de captura, marcación y liberación de los mismos. Durante la segunda experiencia, se realizó un muestreo mediante transectos paralelas siguiendo la batimetría, concentrando el esfuerzo de adquisición de la zona de los pozones. En esta ocasión, además de ubicar a los individuos, se realizó una estimación de la abundancia (en número de individuos y biomasa) del área de los pozones.

METODOLOGIA DE TRABAJO

Conceptos básicos relativos a la aplicación del método acústico

El método hidroacústico consiste en el uso de una ecosonda que emite impulsos sonoros a intervalos regulares durante un recorrido planificado. El sonido transmitido se propaga por la columna de agua y es retrodispersado por los blancos (peces y el fondo) que encuentra dicho frente de onda durante su viaje. Posteriormente estos rebotes son captados por equipamiento en forma de “ecos”.

En particular, el método denominado *ecointegración* (Forbes and Nakken, 1974; MacLennan and Simmonds, 1992), se basa en el uso de una ecosonda calibrada (Foote *et al.*, 1987) para obtener mediciones absolutas del “*coeficiente volumétrico de retrodispersión sonora*” o S_v , el cual representa la contribución ecoica de todos los blancos presentes en ese volumen. Se ha demostrado que existe proporcionalidad lineal

entre el parámetro s_v y la cantidad de blancos por unidad de volumen (Foote, 1983), es decir que:

$$\rho_v \propto s_v$$

donde:

ρ_v : densidad de individuos en peces/mn²

s_v : coeficiente de retrodispersión por unidad de volumen (m²/m³)

El factor de proporcionalidad entre ambas variables se conoce como la *sección equivalente de retrodispersión sonora del blanco* (σ_{bs}) o su equivalente logarítmico, la *Intensidad de Blanco Acústico (TS)* (Clay and Medwin, 1977) y representa la capacidad del blanco (por ejemplo, los peces) para retrodispersar sonido en el medio. Por lo tanto, al dividir el coeficiente de retrodispersión volumétrica (s_v) por el valor del eco individual de los peces, se obtiene la densidad de individuos correspondiente:

$$\rho_v = s_v / \sigma_{bs}$$

$$\left(TS = 10 \times \log \sigma_{bs} \right)$$

donde:

σ_{bs} : sección equivalente de retrodispersión sonora (m²)

TS: intensidad de blanco acústico (dB)

Para cada emisión de la ecosonda, se calcula la intensidad sonora acumulada sobre la columna de agua o sobre un determinado rango de profundidades (s_A), el cual de manera simplificada puede definirse como:

$$s_A = \bar{s}_v \times \Delta R$$

donde:

s_A : coeficiente de retrodispersión sonora de la columna de agua (m²/mn²)

ΔR : altura de columna de agua (m)

Para estimar entonces la densidad media de organismos en un cuerpo de agua determinado, se requiere prospectar el mismo con una ecosonda calibrada y así obtener el valor medio del s_A correspondiente a ese ambiente. Para ello, los valores de eco-integración obtenidos en cada una de las emisiones sonoras son promediados al completarse una cierta distancia recorrida o “*intervalo de promediación*”. Estos valores constituyen las “*unidades muestrales*” de la prospección. El proceso se repite sistemáticamente a lo largo de todo el recorrido, el cual deberá seguir una cierta estrategia

de muestreo espacial, de forma tal de obtener una cobertura estadísticamente representativa de la totalidad del ambiente a evaluar.

De forma simplificada, la abundancia de organismos resulta entonces:

$$\bar{s}_{A_j} = (1/n) \times \sum_{i=1}^n s_{A_i}$$

$$\bar{s}_A = (1/N) \times \sum_{j=1}^N \bar{s}_{A_j}$$

$$\hat{\rho}_A = \bar{s}_A / \bar{\sigma}_{bs} \quad ; \quad \hat{U} = \hat{\rho}_A \times A$$

donde:

- n : número total de emisiones sonoras en un intervalo de recorrido
- s_{A_i} : valor de ecointegración para una emisión sonora (m^2/mn^2)
- \bar{s}_{A_j} : valor de ecointegración promedio para un intervalo del recorrido (m^2/mn^2)
- N : número total de intervalos del recorrido de la prospección
- \bar{s}_A : valor medio estimado del coeficiente de ecointegración (m^2/mn^2)
- $\hat{\rho}_A$: valor medio estimado de la densidad de individuos ($1/mn^2$)
- A : área de la superficie del cuerpo de agua (mn^2)
- \hat{U} : abundancia estimada de individuos (número de individuos)

En este proceso, el parámetro *TS* también es clave para la estimación absoluta de la abundancia de organismos por métodos acústicos. Existen diferentes métodos para determinar el valor de *TS* de los peces (Foote, 1987; Foote 1991). En este caso se realizaron mediciones *in situ* del *TS* de los peces durante el desarrollo de la prospección.

Equipamiento utilizado

Las prospecciones acústicas se realizaron mediante embarcaciones propulsadas con motores fuera de borda. El instrumental utilizado consistió en una ecosonda científica de banda ancha portátil marca SIMRAD EK80 operando un transductor de haz dividido de 120 kHz en frecuencia y un ángulo de -3 dB de 7°. Dicho transductor fue instalado a un costado de la embarcación por medio de un soporte que lo fijó a la borda y el cual estaba orientado verticalmente hacia abajo (Figura 1). El mismo fue remolcado a una velocidad constante de navegación de entre 3 y 5 nudos aproximadamente. La profundidad de operación del transductor acústico fue de 45 cm aproximadamente. La finalidad de

instalarlo a dicha profundidad tiene el propósito de evitar las interferencias provenientes de las burbujas generadas por el motor de la embarcación. El equipo acústico fue calibrado posteriormente a la primera prospección y durante la adquisición de la segunda. La misma se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en Foote *et al.* (1987) para calibraciones con blancos acústicos estándar (esfera de tungsteno). El equipo estuvo conectado a un receptor GPS que permitió geo-referenciar la información adquirida mediante una interface de datos hacia la computadora PC tipo Notebook. Dicha computadora se utilizó como unidad de control de la ecosonda y para almacenar en tiempo real en el disco rígido los datos acústicos (eco-registros) adquiridos. El equipamiento operó mediante una batería de 12 V. La autonomía de carga de la misma permitió completar un día completo de trabajo. Al finalizar cada jornada de trabajo, se procedió a recargar la misma utilizando un cargador de baterías.



Figura 1. Instalación del equipamiento acústico

Método de muestreo y procesamiento de los datos acústicos

El muestreo acústico implementado consistió en una serie de recorridos en línea recta (transectas). Por razones de seguridad, solamente se trabajó en horas diurnas. El intervalo de promediación elegido, para procesar los datos de ecointegración de las transectas fue de 100 m. Como se mencionó anteriormente los patrones de recorrido fueron diferentes. La primera consistió en transectas en zig-zag de costa a costa, perpendiculares a la batimetría. Durante la segunda, las disposiciones de las transectas fueron paralelas y siguiendo las isobatas de profundidad, intensificando el muestreo en las zonas donde se detectaron mayores concentraciones de surubíes.

La información acústica adquirida fue analizada en el Gabinete de Hidroacústica del INIDEP utilizando el programa de pos-procesamiento de datos acústicos Myriax Echoview (v.9) y programas SIG (Sistema de Información Geográfica). A partir de los ecogramas obtenidos se determinó la línea de fondo, dando la ubicación del lecho del río.

Con el objeto de discriminar los ecos de los peces de aquellos otros tipos de blancos, se establecieron varias pautas de análisis. En primer lugar, se estableció un umbral mínimo de aceptación para los valores de ecointegración ($S_v = -60$ dB). De esta manera, se excluyeron de los análisis blancos débiles.

Manualmente se establecieron regiones espaciales de análisis sobre el ecograma, de forma tal que cada región contenía los ecos de un pez o grupo de peces. Se definieron de esta manera más de 500 regiones de análisis de peces, obteniéndose para cada una de ellas los correspondientes valores medios de S_A y TS.

En este trabajo no se contó con muestreos directos de peces (por ej. mediante redes agalleras), necesarios para completar una correcta identificación de los coregistros (asignación por especies).

La densidad de peces de cada intervalo de promediación (100 m de recorrido) se obtuvo sumando las contribuciones de cada una de las regiones de análisis contenidas en el mismo. Estos valores denominados *ESDU* (*Elementary Sampling Distance Unit*) constituyen los “elementos muestrales”, a partir de los cuales se estimó la densidad media de peces por estrato en cantidad de individuos por hectárea. Finalmente, a través del factor de área se calculó la abundancia correspondiente.

Para el análisis de la batimetría, los datos fueron corregidos sumando el calado de 45 cm del transductor. Se adquirió durante la prospección la detección de fondo de la

ecosonda para cada disparo. Estos datos fueron analizados y filtrados para eliminar valores incorrectos.

Experiencias de medición de TS - Prospección Julio

Se realizó un experimento para la medición del TS (intensidad de blanco acústico) de surubí dirigido a establecer su relación con la longitud de los individuos. Para esto, se aprovecharon los eventos de marcación de los ejemplares capturados para realizar la medición de su TS, de esta manera se combinaron las mediciones acústicas con el muestreo (largo y peso) realizado durante la marcación. La medición de TS requiere que el pez pase dentro del cono de sonido del transductor. Por esto, inicialmente se probó aproximándose a los individuos mientras estaban enganchados con el señuelo, midiendo de esta forma el TS de cuatro ejemplares; dos enganchados de la cola, uno del lomo y uno de la boca. Se realizó la medición del TS del señuelo utilizado por los pescadores, ver figura 2, para ponderar su efecto sobre la medición de TS de los surubíes enganchados. Resultando que el señuelo presenta un valor de TS acústico no despreciable, del orden de los -35 dB, que podría alterar la medición de los individuos, se decidió entonces realizar las mediciones de TS una vez que los surubíes capturados eran liberados. De esta manera se realizaron mediciones sobre 38 individuos.

Las mediciones obtenidas fueron analizadas mediante el programa Echoview aplicando rutinas para la generación de ecogramas virtuales de detección de blancos individuales y conformación de *fish-tracks*. De este análisis resultaron 24 mediciones de TS válidas. Con los valores promedio de TS de los *fish-tracks* válidos y los datos de longitud correspondientes a cada ejemplar se conformaron clases en función de los rangos de longitud y se realizó una regresión lineal entre el logaritmo decimal de la longitud media de la clase y el TS medio correspondiente.

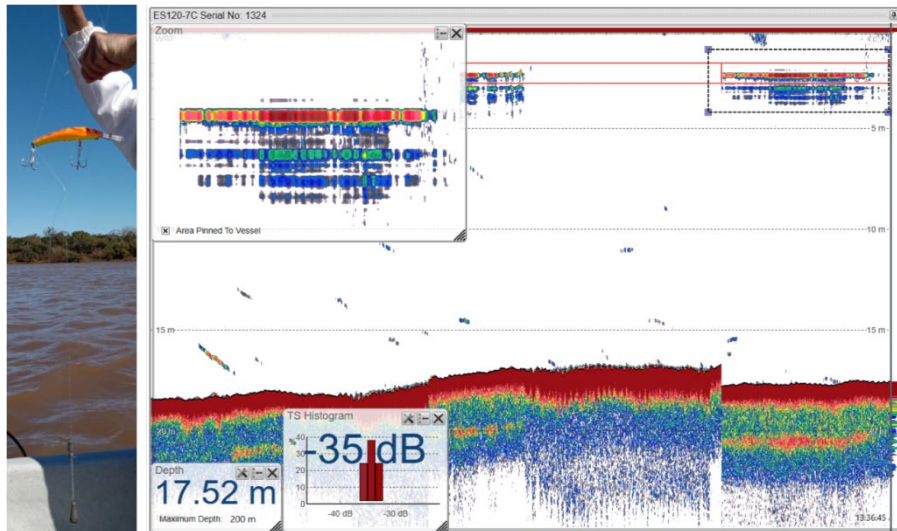


Figura 2. Medición de TS del señuelo utilizado por los pescadores; en la imagen de la izquierda se muestra el arreglo realizado para ubicar el señuelo dentro del cono de sonido del transductor y en la imagen de la derecha se muestra un ecograma de TS obtenido durante las mediciones en el que se aprecia el eco significativo del señuelo, con un TS de -35 dB.

RESULTADOS

Prospección Junio - Distribución espacial de los de peces

La figura 3 muestra la distribución espacial de los ecoregistros asignados como surubí obtenido durante la primera prospección. Los círculos amarillos indican la posición de los individuos.

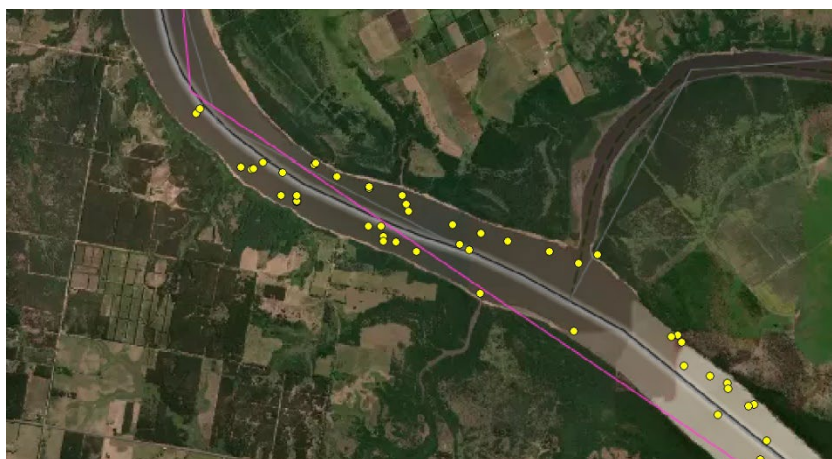


Figura 3. Distribución espacial de los ecoregistros asignados como surubí.

La información adquirida mediante la ecosonda permitió asistir en tiempo real a los pescadores deportivos proporcionándoles información de la ubicación de los ejemplares. De esta manera, se logró incrementar la tasa de captura, marcación y liberación de los mismos.

Prospección Julio - Estimación de abundancia de peces

La figura 4 muestra los valores de densidad acústica obtenidos. Los círculos rojos son proporcionales a los valores de coeficiente de retrodispersión por unidad de área. La Tabla 1 resume las estadísticas de la estimación de abundancia de peces calculada. La abundancia total de peces para la zona prospectada fue de 22.302 peces. Ecogramas característicos de los distintos tipos de coregistros encontrados durante las prospecciones se destacan en las figuras 5 a 13. Predominaron particularmente los coregistros de peces aislados cerca de veriles, también se observaron ecos individuales de individuos apoyados sobre el fondo del río. Asimismo, se pudo observar la presencia de troncos sumergidos, vegetación, etc. sobre el fondo.

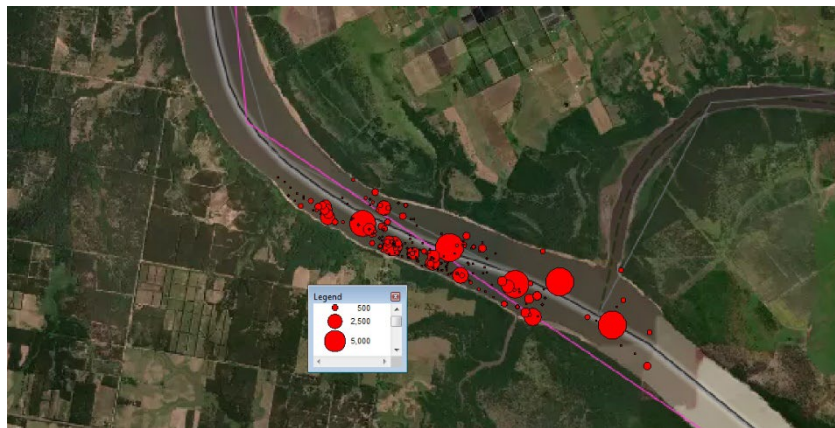


Figura 4. Valores de densidad acústica asignados como surubí. Los círculos rojos son proporcionales a los valores de coeficiente de retrodispersión por unidad de área.

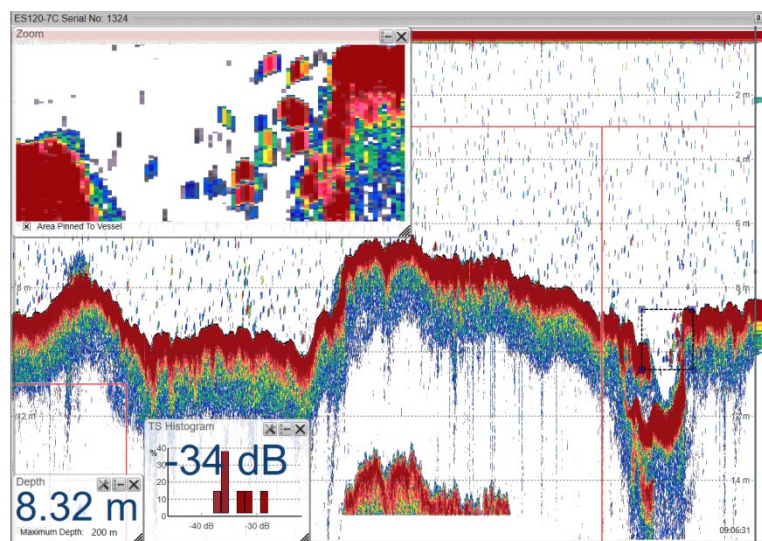


Figura 5. Registro de blancos individuales cercanos al veril de un pozón.

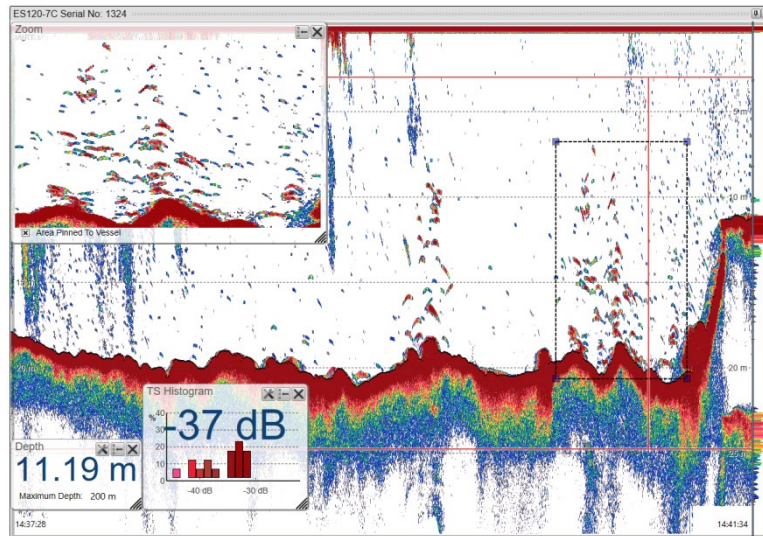


Figura 6. Registro de agregaciones de blancos individuales en un pozón.

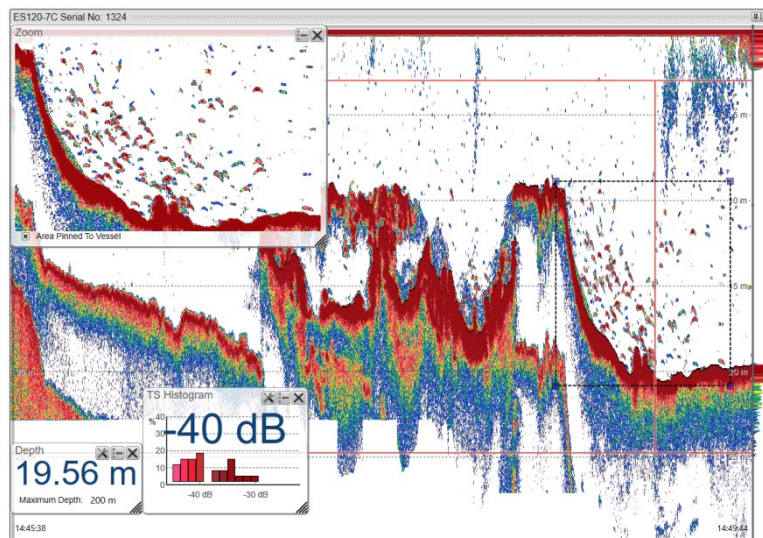


Figura 7. Registro de blancos individuales agregados cerca del veril de un pozón.

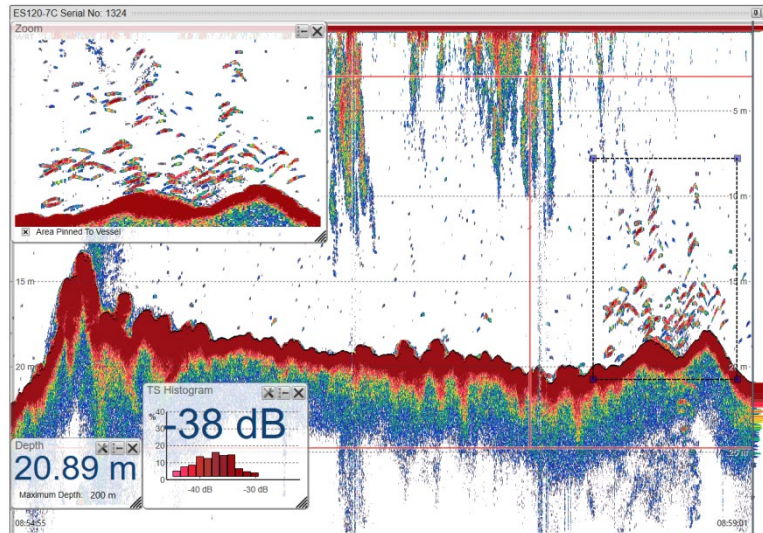


Figura 8. Registro de blancos individuales agregados a una profundidad de entre 10 y 18 m.

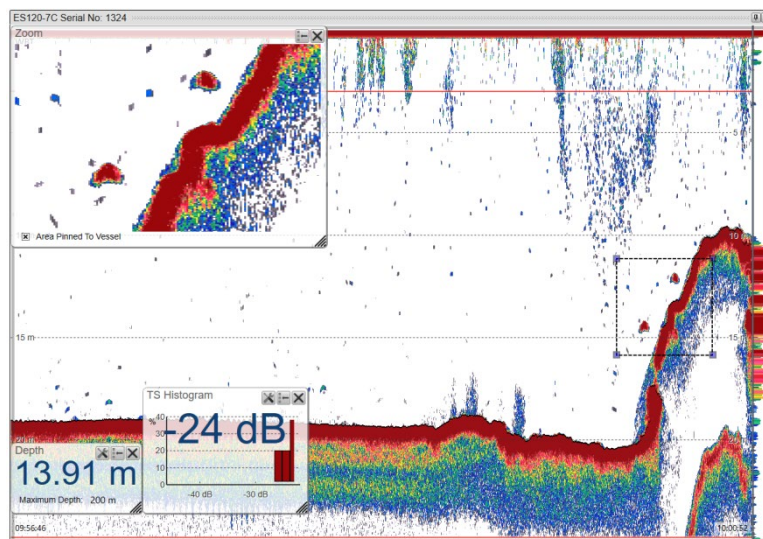


Figura 9. Registro de dos blancos individuales de individuos de gran tamaño sobre un veril a una profundidad media de 14 m.

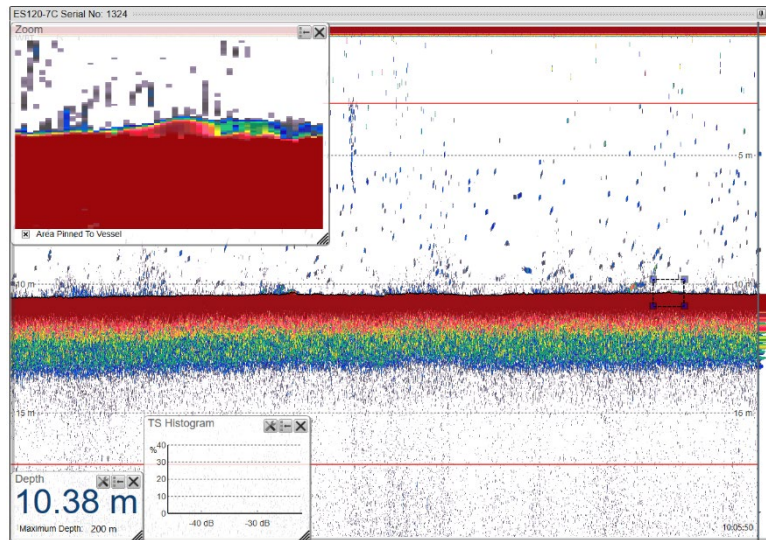


Figura 10. Registro de un individuo apoyado sobre el fondo.

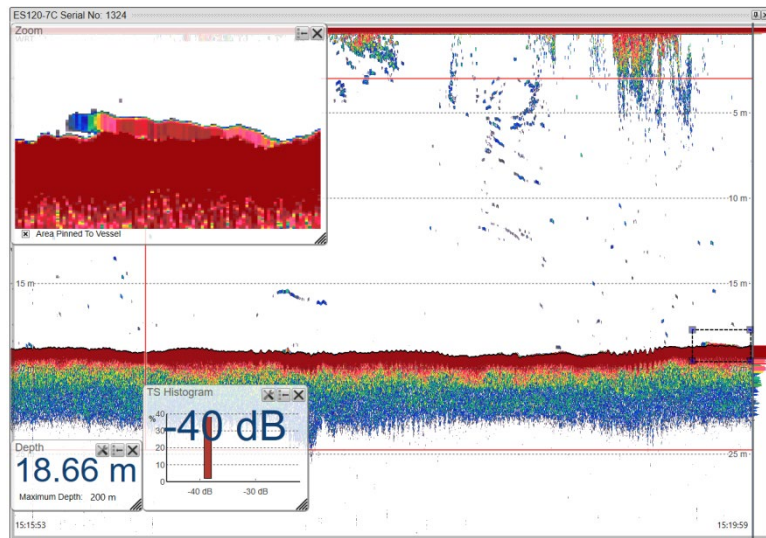


Figura 11. Registro de un individuo aproximándose al fondo.

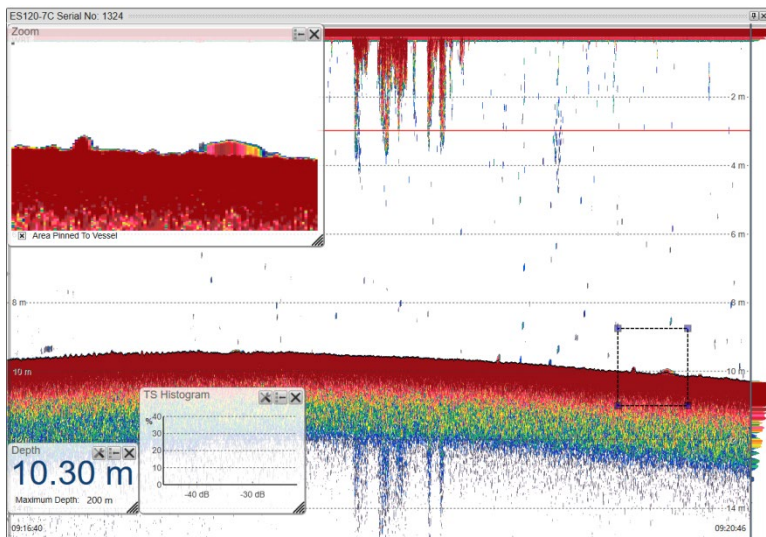


Figura 12. Registro de un individuo apoyado sobre el fondo.

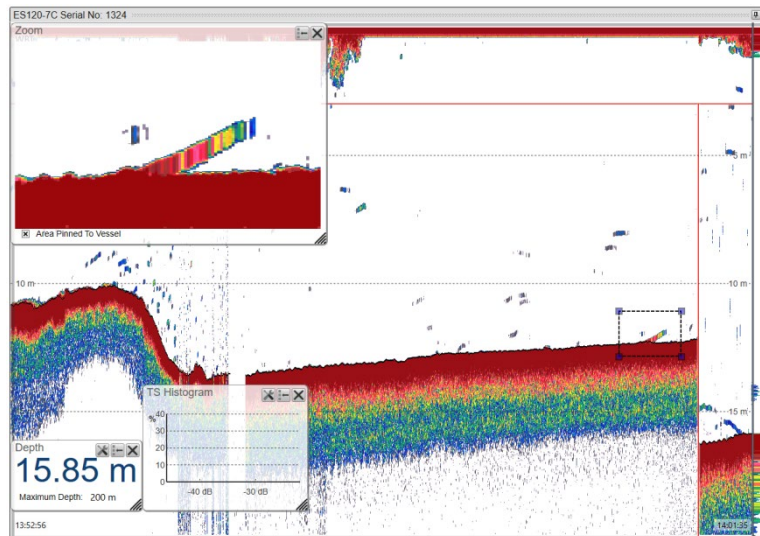


Figura 13. Registro de un individuo separándose del fondo.

Mediciones de TS de surubí

La realización de mediciones de TS de individuos de surubí capturados para su marcación, permitió obtener una relación preliminar entre la longitud y el valor de TS, con una calidad de ajuste $R^2=0,956$. Las longitudes cubiertas fueron entre los 84 y 157 cm, Figura 14. Como se mencionó anteriormente, determinación de esta relación es fundamental para realizar estimaciones cuantitativas de biomasa mediante el método acústico. Es importante destacar que resultó sumamente importante dichas mediciones ya que no se cuenta con relaciones de referencia para la especie en estudio.

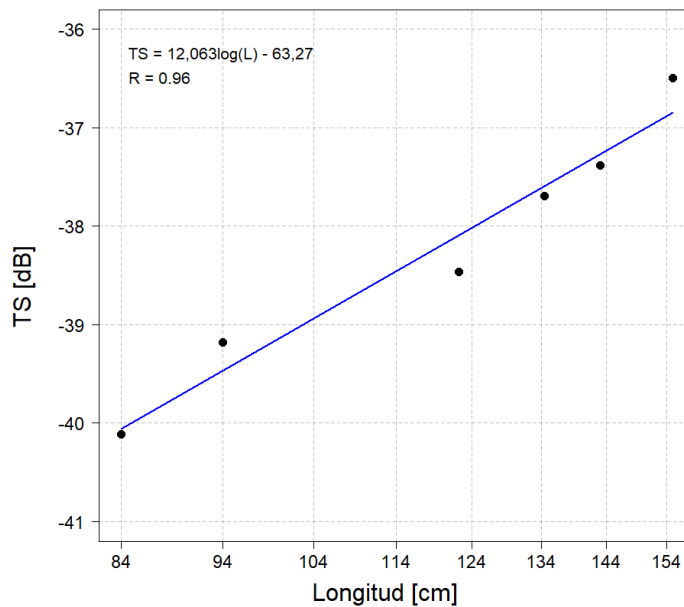


Figura 14. Mediciones de TS agrupadas en clases de longitud (puntos) y regresión lineal de ajuste (línea continua azul). Se presenta en el gráfico la relación resultante entre el TS y la longitud.

En cuanto al posible tamaño de los peces detectados por la ecosonda, en la Figura 15 se muestra la distribución de frecuencias de los valores de TS de todos los blancos individuales asignados a surubí durante la prospección.

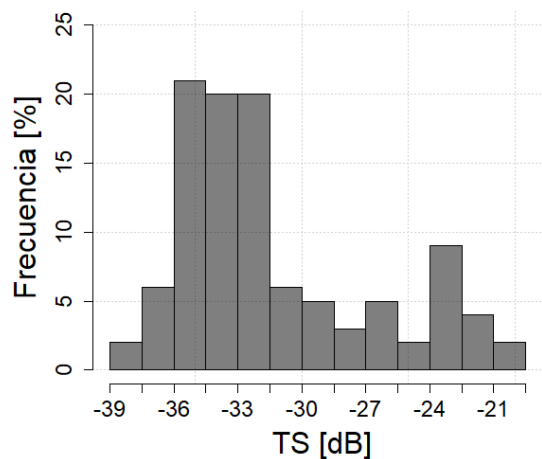


Figura 15. Distribución de frecuencias de los valores de TS para todos los blancos individuales detectados durante la prospección.

Estimación de abundancia por métodos acústicos

Los resultados de la estimación de abundancia de surubí se detallan en la tabla 1. Se calculó un valor total de ejemplares, para el área prospectada, de 22.302 peces. La densidad promedio de peces fue de 68,52 peces/ha. A partir de los pesos individuales

promedio, obtenidos de las capturas durante la pesca para marcación, se estimó una biomasa de 456,30 toneladas.

Tabla 1. Resultados de la estimación de abundancia de surubí.

Área estrato (mn²)	
0,949	
Densidades por milla náutica cuadrada	
Densidad media (peces/mn²)	Densidad media (ton/mn²)
23.500,75	480,83
Densidades por hectárea	
Densidad media (peces/ha)	Densidad media (ton/ha)
68,52	1,40
Individuos Totales	Biomasa Total (ton)
22.302,22	456,30

Batimetría

Las profundidades mínima y máxima obtenidas durante el recorrido fueron de 3 y 29,6 m respectivamente, siendo el valor promedio de 11,6 metros.

A los fines de generar un mosaico batimétrico detallado de los pozones, se propondrá un diseño de muestreo con transectas mas agrupadas que permita aumentar el volumen de puntos y esa manera favorezca la resolución y el proceso de interpolación de la información adquirida.

DISCUSIÓN

Queda demostrado que la implementación de técnicas hidroacústicas constituye un método muy importante para la detección y cuantificación de organismos acuáticos, permitiendo el monitoreo de la abundancia y distribución de los recursos ícticos.

El muestreo acústico realizado permitió prospectar el área de los pozones en un corto período de tiempo obteniendo imágenes sinópticas sobre la distribución espacial de peces.

A partir del análisis de las dos prospecciones, se puede concluir que en el área de veda se concentran altas densidades de peces en comparación con las observadas en zonas adyacentes. Asimismo, es importante destacar que los “pozones” poseen características muy particulares (batimetría) que no se observaron en otra parte del área de estudio.

Finalmente es importante destacar y se valora la reanudación por parte de CARU, las campañas acústicas en el marco del Programa de conservación de la fauna íctica y los recursos pesqueros del Río Uruguay.

POSIBLES ESTUDIOS PARA REALIZAR EN UN FUTURO

En virtud de la actualización del equipamiento realizada, sería oportuno implementar experiencias adicionales tales como mediciones de ecos individuales (TS) de peces en jaulas (distintas especies y clases de tallas). Estas mediciones, acompañadas de estudios sobre la morfometría de los individuos mediante tomografías, servirían para validar datos provenientes de simulaciones de modelos teóricos. Luego, a partir de los modelos computacionales se puede predecir la variabilidad de la intensidad del TS con la longitud u orientación de los peces, y de esa forma contribuir a la identificación específica de los registros detectados acústicamente.

Finalmente, durante algunos momentos de la prospección se destinó tiempo para la adquisición de la información en formato FM (frecuencia modulada). Esto permitirá en un futuro aumentar la resolución vertical y realizar estudios de identificación de especies mediante la respuesta en frecuencia acústica.

AGRADECIMIENTOS

A los directores y personal de la CARU por la gestión realizada que permitió la compra de la licencia para actualizar el transceptor del ecosonda portátil SIMRAD EK-80.

A los guías y pescadores deportivos que participaron durante las dos prospecciones transmitiendo su experiencia del área en estudio. Quisiéramos agradecer especialmente al Sr. Juan Pablo Godoy empleado de la Municipalidad de Puerto Yerúa por su participación y activa colaboración durante la segunda prospección.

A los choferes del INIDEP y la CARU, particularmente a los señores (Sergio Castillo y Diego Delgado) que permitieron el traslado del personal y del equipamiento acústico desde Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

REFERENCIAS

- Clay, C. S. and H. Medwin. 1977. *Acoustical oceanography*. John Wiley & Sons, New York, NY. 544 p.
- Foote, K. G. 1983. Linearity of fisheries acoustics, with addition theorems. *J. Acoust. Soc. Am.*, 73: 1932-1940.
- Foote, K. G. 1987. Fish target strengths for use in echo-integration surveys. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82: 981–987.
- Foote, K. G., Knudsen, H. P., Vestnes, G., MacLennan, D. N., and Simmonds, E. J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. *International Council for the Exploration of the Sea Cooperative Research Report*, 144: 57.
- Foote, K. G. 1991. Summary of methods for determining fish target strength at ultrasonic frequencies. *ICES Journal of Marine Sciences*, 48: 211–217.
- Forbes, S. T. y Nakken, O. 1974 - Manual de métodos para el estudio y la evaluación de los recursos pesqueros. Parte 2: Utilización de instrumentos acústicos para la localización de peces y la estimación de su abundancia. *Manual FAO Cien. Pesq.*, 5. 144 p.
- MacLennan D. N. and Simmonds, E. J., 1992. *Fisheries Acoustics*. Chapman and Hall, London.

DISCUSIÓN GENERAL

Tramo de alta densidad de peces y técnicas utilizadas

Los primeros cincuenta kilómetros del río Uruguay aguas abajo de la represa de Salto Grande son un tramo con alta densidad de peces de interés comercial y deportivo, producto en buena medida de la obstrucción de los desplazamientos ascendentes de los peces producido por la represa. Tanto la presencia de concentraciones de dorado inmediatamente aguas abajo de la represa, como las concentraciones de surubí en el tramo de veda CARU (27/2009) próximo a la localidad de Puerto Yerúa, constituyen atractivos para la pesca deportiva, aunque solo la primera de ellas se encuentra actualmente explotada bajo administración regulada por CARU y las partes de Argentina y Uruguay, propietarias de los recursos pesqueros.

Como ocurre en otros ríos y ambientes acuáticos en general, las áreas de alta concentración de peces ofrecen la oportunidad del acceso a buena parte de las poblaciones, por lo tanto, son adecuadas para planificar diversas tareas de investigación. En dichas áreas, suelen encontrarse condiciones adecuadas para la marcación de peces para el estudio de sus rutas migratorias, gracias a que las elevadas concentraciones de peces permiten etiquetar un número elevado de individuos en tiempos relativamente cortos. Además, es posible que en dichas áreas se concentre temporalmente buena parte de los individuos de la población, lo que al mismo tiempo posibilita la aplicación de distintas metodologías para realizar estimaciones de la abundancia de gran utilidad para el manejo del recurso. Estas son las condiciones que se presentan a partir de las concentraciones de surubí próximas a Puerto Yerúa que habitan el bajo río Uruguay.

Desde el episodio de las acumulaciones de surubí en 2006, se condujeron investigaciones por parte de CARU, con la participación del INIDEP y la DINARA, basadas en capturas obtenidas con la colaboración de los pescadores deportivos, y simultáneamente en prospecciones hidroacústicas. Estas últimas, constituyen un método de enorme utilidad para la detección y cuantificación de organismos acuáticos, permitiendo el monitoreo de la abundancia y distribución de los recursos ícticos. Los métodos acústicos, una vez calibrados, permiten realizar una estimación de la numerosidad y biomasa de las especies, independiente de la aproximación que ofrecerían los porcentajes de recapturas obtenidas durante la experiencia de marcación.

Distribución de los individuos

El área de veda impuesta por CARU (29/2007) abarca aproximadamente 4 km del bajo río Uruguay, y finaliza en el límite que constituye la línea trazada entre las desembocaduras del Río Daymán y el arroyo Arrebatacapa, la que está localizada inmediatamente aguas arriba de Puerto Yerúa (Figura 4, Informe Marcación). Es interesante destacar, que durante las experiencias conducidas en Junio-Julio de 2015 y en esta oportunidad (Junio-Julio de 2022), el número de individuos capturados fue significativamente mayor que aquel obtenido durante los primeros años (Informe CARU 2015). A partir de la localización de las capturas obtenidas durante las dos experiencias, se puede inferir que el tramo en el que se registra la mayor parte del clavado de piezas, está comprendido en los últimos 2 km del tramo de veda. La utilización de la técnica hidroacústica que permitió obtener la distribución espacial de los peces con alta sinopticidad, brindó un detalle de la distribución en un tramo más amplio y confirmó lo mencionado en relación con el área de clavado (Figura 4, Informe Hidroacústica). Se puede concluir que en el área de veda se concentran altas densidades de peces en comparación con las observadas en zonas adyacentes. Es importante destacar que los “pozones” poseen características muy particulares (batimetría) que no se observaron en otra parte del área de estudio. Por lo tanto, los resultados obtenidos por ambas metodologías, tanto el relevamiento hidroacústico, como el de captura y recaptura demostraron que la ubicación de la zona de veda, es en principio adecuada. No obstante, durante la campaña de junio de 2022 cuando el relevamiento hidroacústico se extendió deliberadamente hacia el sur, se registraron concentraciones de peces en concordancia con la prospección realizada durante el año 2010 al área denominada meseta de Artigas (Cabreira et al., 2010). Es importante destacar, que se cuenta con información que indica que dicha zona es un área activa para la pesca, por tales motivos, se recomienda extender el área de prospección en futuras campañas de investigación.

Capturas y distribución de ecos en pozones

Como fue mencionado, desde el inicio de las investigaciones en el área de veda en 2006, las agregaciones de peces detectadas por medios acústicos no fueron siempre acompañadas por la captura de un número considerable de peces de la especie surubí. Esta desconexión entre los rendimientos obtenidos por los pescadores deportivos y la detección acústica de peces en el área, pudo obedecer a diferentes causas. Estas últimas, estarían vinculadas con la técnica y dificultades del trolling, la experticia de los pescadores, los niveles hidrométricos del río Uruguay, la temperatura del agua que afecta la distribución de los individuos de la especie y la organización de la experiencia llevada a cabo en los distintos años.

En las primeras evaluaciones, por ejemplo, el hilo utilizado por los pescadores deportivos fue frecuentemente el nylon simple, menos eficiente que el multifilamento para lograr el hundimiento de los señuelos, y que gradualmente comenzó a utilizarse en años posteriores. Esto último, sumado a la mejora en el diseño de los señuelos y la experticia de los guías de pesca, son factores que explican que en las experiencias de marcación conducidas durante 2015 y en la reciente en 2022, las capturas se hayan incrementado notablemente. Durante el 2022, la prospección acústica detectó peces de la especie surubí asociados al fondo y en áreas de los veriles, que es razonable suponer sean poco accesibles para la técnica de trolling, dado que requerirían hundimientos de los señuelos realmente pronunciados, lo que posiblemente haga improbable la captura de algunos individuos (Figuras 5-7, Informe Hidroacústica).

Esta situación, es evidente, empeorará con niveles hidrométricos más altos, dado que las distancias a recorrer por el señuelo serán mayores. En 2015, se observó que las capturas se hicieron particularmente bajas durante los niveles hidrométricos más altos que alcanzaron los 11 metros en Concordia (Informe Prensa CARU, 2016). Por el contrario, este efecto combinado entre la técnica de captura, la distribución de los peces, y las alturas del río expliquen, los elevados rendimientos alcanzados durante las concentraciones de invierno de 2004, momentos en los que el río se encontró por debajo de los 4 metros en Concordia.

Medidas de protección de la especie en el bajo Río Uruguay

En razón de lo antes mencionado, en aguas particularmente bajas, durante el invierno, las alturas del río deberían considerarse como un indicador de riesgo para la toma de medidas de protección adicional de los cardúmenes de surubí en el área de veda, los que podrían quedar muy expuestos a las incursiones de la pesca furtiva nocturna. Por otra parte, si el río presenta condiciones de bajante extrema, sería recomendable realizar prospecciones acústicas en las áreas de veda de alta concentración de surubí, aun fuera de la época invernal, dado que no puede descartarse que en bajantes tan pronunciadas como las ocurridas durante la primavera de 2022 y verano de 2023 (alturas del río en Concordia de menos de 1 metro durante dos meses, Figura 4, Informe Marcación), los ejemplares de surubí y otras especies de gran tamaño, puedan descender a los pozones o a otros próximos, en búsqueda de áreas de mayor profundidad y generar concentraciones en el bajo río Uruguay, fuera de la temporada invernal.

Estimación de la abundancia de surubí

Las estimaciones de abundancia obtenidas por medios acústicos y por métodos de aproximación basada en el porcentaje de recapturas produjeron valores relativamente comparables. Si bien, se capturaron algunos ejemplares de otras especies como patí, y manguruyú, el registro de las capturas obtenidas por pescadores deportivos claramente dominada por la especie surubí, permite contar con datos consistentes acerca del predominio de esta especie en las concentraciones de peces que simultáneamente produjeron los ecos registrados. Los 22.302 peces detectados por métodos acústicos permiten establecer que las concentraciones de surubí, alcanzarían densidades del orden de 68,52 peces por hectárea y 456,3 toneladas en el área total prospectada. El valor estimado del total de individuos de la especie surubí, a partir de las recapturas obtenidas en un área más reducida que la considerada en la prospección acústica (área de clavado, dentro del área de veda), alcanzó 11.119 peces, lo que constituye una densidad de 55,59 individuos por hectárea y 221,7 toneladas solamente en el área de clavado, localizada dentro del área de veda). Estas estimaciones, son independientes, y pueden considerarse complementarias, dado que una tiene mayor eficiencia de integración espacial (acústica), mientras que la otra es inequívoca en la especie considerada (recapturas). Una vez alcanzada una capacidad de detección y diferenciación adecuada entre especies, y en

ambientes con profundidades lo suficientemente grandes que hagan posible su utilización, la prospección acústica es capaz de alcanzar estratos muchas veces inaccesibles a la pesca, lo que la hace un método de detección y cuantificación de organismos acuáticos de gran importancia.

Eficacia y calibración de los métodos acústicos

Las estimaciones de abundancia, podrán ir adquiriendo más confiabilidad a medida que se logre una mejor calibración de la metodología acústica, es decir, la realización de mediciones de ecos individuales (TS) de peces en jaulas (distintas especies y clases de tallas) y estudios de morfometría, que permitan validar los datos obtenidos y contribuir a la identificación específica de los registros detectados acústicamente para las especies. En particular, durante la segunda semana de los trabajos realizados en el Área de Veda CARU próxima a Puerto Yeruá, se realizó un esfuerzo durante un día para adquirir información en frecuencia modulada, de un número de individuos que representaron mayormente la moda de las capturas obtenidas por los pescadores durante ese día. Sería de gran utilidad ampliar el número de días de trabajo en dicha localidad dado que en la misma se pueden lograr altos rendimientos de captura, amplia representación de tallas al incorporar mayor número de surubíes de tallas pequeñas, los que podrían tener mayor superposición con ecos de especies de grupos taxonómicos morfológicamente similares (bagres en general). Por otra parte, incrementar un mayor número de ejemplares de surubí más grandes (no capturados durante la mencionada jornada), podrá otorgar más precisión a la reconstrucción de tallas a partir de métodos acústicos.

De manera adicional, como se puede observar en los registros acústicos de la figura 5 (Informe Hidroacústica), se registraron numerosos ecos dispersos en la columna de agua que corresponderían a especies o individuos de menor tamaño a los capturados por trolling, los que podrían tener importancia desde el punto de vista de la comunidad; su identificación requeriría de una evaluación adicional, posiblemente a partir de la combinación de métodos de pesca activa con redes, en conjunto con el registro de ecos individuales.

Importancia de las Áreas de Concentración en la calibración acústica

El área de Puerto Yerúa permite acceder a las condiciones necesarias para conducir estas tareas de calibración, dado que, con el transcurso de los días el espectro de tallas tiende a estar bien representado, y puede contarse con datos de peso y talla de los ejemplares capturados. Es posible que condiciones semejantes para el registro de ecos para otras especies, puedan obtenerse en otras áreas del río Uruguay; en asociación con actividades de pesca deportiva y en combinación con la utilización de otras técnicas de pesca (redes enmalladoras). Por ejemplo, el área contigua a la represa de Salto Grande luce como potencialmente adecuada para la realización de estas experiencias en dorado y otras especies de escama como sábalos y bogas si las condiciones hidrológicas lo permiten. Estos avances permitirán aumentar la resolución vertical y realizar estudios de identificación de especies mediante la respuesta en frecuencia acústica.