

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/330986163>

# Actividad reproductiva de peces migratorios estimada a través del flujo de larvas . Indices de abundancia larval (IAL). Períodos 2014-2015 y 2015-2016, y análisis en retrospectiva...

Technical Report · December 2018

CITATIONS

0

READS

47

5 authors, including:



**Carlos Mariano Fuentes**

Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries, Argentina

32 PUBLICATIONS 150 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Ismael Esteban Lozano**

National Scientific and Technical Research Council

15 PUBLICATIONS 19 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Sabina Llamazares Vegh**

Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA)

21 PUBLICATIONS 20 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Ivermectin: an ecotoxicological approach [View project](#)



Programa de Conservación de la Fauna Íctica y los Recursos Pesqueros del Río Uruguay. [View project](#)



## PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE LA FAUNA ÍCTICA Y LOS RECURSOS PESQUEROS DEL RÍO URUGUAY

### *ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE PECES MIGRATORIOS ESTIMADA A TRAVÉS DEL FLUJO DE LARVAS. INDICES DE ABUNDANCIA LARVAL (IAL). PERIODOS 2014-2015 y 2015-2016, Y ANÁLISIS EN RETROSPECTIVA 2008-2016.*

Fuentes C. M.<sup>1,2</sup>, M. I. Gómez<sup>2</sup>, J. Salva<sup>2</sup>, I. Lozano<sup>2</sup> y S. Llamazares<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CARU-Comisión Administradora del Río Uruguay Secretaría Técnica Av. Costanera S/Nº Paysandú República Oriental del Uruguay CC 57097., <sup>2</sup> Dirección de Pesca Continental. SPYA-MAGP-Argentina

#### Resumen

**Variación temporal de la reproducción:** en los períodos 2014-2015 y 2015-2016 en el río Uruguay, se detectaron picos de densidad de larvas en primavera y verano, de magnitud moderada en las seis estaciones de muestreo, asociados a incrementos hidrométricos entre octubre y enero (**Figuras 6-11 y 12-17**). Por otro lado, en el río Paraná la dinámica de la reproducción mostró cierto contraste entre el período 2014-2015 y 2015-2016. El 2014-2015 mostró tres picos de densidad de larvas relativamente moderados desde octubre hasta marzo, mientras que en el 2015-2016 el primero ocurrió más tarde en noviembre asociado al gran estímulo producido por la inundación, y extendiéndose hasta febrero inclusive. La duración de la inundación en ambos ríos en el período 2015-2016 en asociación con los pulsos de deriva de larvas, permite suponer el ingreso de nuevos efectivos reclutados a las poblaciones especialmente de sábalo y de otros peces migratorios.

Del análisis de la variación temporal de flujo anual de larvas durante el período comprendido entre 2008 y 2016 (9 años) que contempla una considerable variabilidad hidrológica (**Figura 35**), surge que el tiempo que demanda alcanzar el 75% del flujo anual de larvas para las especies de interés comercial y deportivo en el río Uruguay sería entre 4 y 8 semanas menor a lo que se requiere en el río Paraná. Esto implica que para el río Uruguay, las vedas parciales de la mayoría de las especies migratorias deben concentrarse especialmente en el último trimestre de cada año. En especial para el dorado en el río Uruguay el porcentaje objetivo de 75 % se alcanzaría a mediados de diciembre.

**Variación espacial de la abundancia de huevos y larvas por tramo:** En el río Uruguay, la mayor cantidad de huevos y larvas de peces migratorios fue capturada en el tramo medio. Especialmente las densidades medias (2013-2015) (**Figura 33**) y medianas (2008-2016) (**Figura 34**) de larvas de especies de mayor rango migratorio como dorado, surubí, bagre cucharón y manguruyú fueron significativamente mayores en el río Uruguay medio, sección que en su trecho final ingresa en el tramo de aplicación de la normativa de la CARU. Estos resultados apoyan la hipótesis que sostiene que aunque podrían registrarse desoves aguas abajo de la represa de Salto Grande, la importancia

relativa de los mismos y posiblemente la del tamaño de las poblaciones que los originan podría ser menor o mucho menor en el tramo inferior que en el tramo medio aguas arriba de la represa.

**Índices de Abundancia Larval (IAL):** durante los últimos tres períodos 2013-2016 los índices de abundancia de sábalo y boga tendieron a descender por debajo de la media en el río Uruguay, aunque esto no ocurrió en el río Paraná donde la misma fue superada para dichas especies. Si bien la caída en los aportes reproductivos anuales en el río Uruguay no es muy pronunciada no puede descartarse que los índices reflejen el inicio de la contracción en el tamaño de las poblaciones que se expandieron durante el reclutamiento exitoso de 2009-2010. Por otra parte, el armado consolida cierto grado de recuperación en los índices de abundancia de larvas tanto en el río Uruguay, como en el Paraná (Figura 4.36).

**Composición del ictioplancton (período 2008-2016):** entre un 5 % en el tramo inferior y hasta un 20 % del total de los componentes del ictioplancton del río Uruguay está constituido de huevos de peces, no obstante la mayoría de los individuos son larvas en estadio de desarrollo pre-flexión (**Figura 30**). El 60% de las larvas está constituido de individuos de peces no migratorios o migratorios de pequeño tamaño y reducido rango de desplazamiento, mientras que el 40 % restante está dominado por peces migratorios de mayor rango, principalmente sábalos, armados y bogas, siendo los dorados y surubíes aproximadamente el 2 % en total (**Figura 31**). Las especies migratorias están mejor representadas en localidades del tramo medio, mientras que en el tramo inferior aguas abajo de la represa de Salto Grande los individuos no migratorios tendieron a dominar la asociación de larvas (**Figura 32**). En el río Paraná los huevos usualmente constituyeron una proporción algo menor a la que representan en el río Uruguay, formando parte de solo el 1 % en Rosario y el 10 % en Paraná (Figura 4.30). El 75 % del ictioplancton está constituido de larvas pre-flexión de peces migratorios, mayormente representados por sábalos, bogas y armados, con alrededor del 4 % representados por dorados y surubíes en conjunto (**Figura 31**).

**Abundancia de larvas como puntos de referencia en poblaciones sometidas a explotación (período 2008-2016):** en el río Uruguay los índices de abundancia de larvas de sábalo a la altura de Paysandú fueron alrededor de 30 veces menores a los calculados para el río Paraná en la localidad Paraná y proporcionales a la CPUE experimentales y a los desembarcos de adultos en ambos ríos (Figura 4.37). Esto indica que el método de evaluación por ictioplancton es sensible como para detectar diferencias en el tamaño poblacional en peces migratorios, especialmente, cuando en promedio alcanzan el orden de magnitud. Por lo tanto, los resultados obtenidos en esta actividad indican que los índices anuales de flujo de larvas en los ríos Uruguay y Paraná pueden tomarse como puntos de referencia en comparaciones acerca del estado de las poblaciones.

El presente informe ofrece la primera evidencia de la asociación entre abundancia de larvas y tamaño poblacional en ríos, similar a la reportada en los últimos años para especies pelágicas de ambiente marino. Asociada a otras estimaciones independientes de la pesquería los IAL permiten realizar evaluaciones más completas, no sólo aportando información acerca del tamaño poblacional, sino también acerca de los aportes reproductivos por tramo y por ende del grado de vulnerabilidad específica en cada uno de ellos. El hallazgo de tendencias coherentes entre los indicadores en distintas etapas del ciclo de vida de los peces permite fundamentar las eventuales medidas para el manejo de las poblaciones de interés deportivo y comercial.

### **Recomendaciones de manejo e investigaciones futuras:**

#### **Aspectos vinculados con vedas**

**Veda Total de armados:** luego de las grandes mortandades de armados en el río Paraná en 2004 y 2005, que se asociaron a una reducción dramática de su presencia en las capturas de adultos y una

baja significativa en el flujo de larvas en ambos ríos, en 2012 CARU incorporó a las especies de este grupo en la Resolución 59/12 (20 diciembre 2012) a la lista de especies en veda total. Los resultados del flujo de larvas de armados en el río Uruguay y el río Paraná en los últimos tres años alcanzaron valores próximos a la mediana de la serie iniciada en el año 2000. En vista de estos resultados, se sugiere analizar en conjunto con la información proveniente de los relevamientos en el segmento adulto de la población y evaluar la continuidad o no de este grupo en el listado de especies en veda total.

**Veda Parcial de Dorado:** aún con un grado de variación concebible de la reproducción año tras año, puede considerarse que la aplicación de vedas parciales actualmente vigentes para el dorado en el río Uruguay en el ámbito de aplicación de CARU, que se extienden entre el 1 de septiembre hasta el 31 de diciembre, es coherente con los resultados obtenidos en el presente informe. Estos últimos muestran que la aplicación de dicha restricción contribuiría a proteger el 75 % del flujo anual de sus larvas. Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos se recomienda no innovar en lo que hace a las vedas de la especie dorado en tanto a mediano o largo plazo no se detecten cambios significativos en la dinámica promedio del flujo de larvas.

### **Aspectos vinculados a la distribución espacial**

**Áreas de restricción espacial a la pesca de Surubí y Dorado:** los resultados apoyan la hipótesis que sostiene que, de existir poblaciones propias del bajo río Uruguay, estas son de mucho menor tamaño a las que completan su ciclo de vida en el tramo medio. Estos resultados tiene derivaciones en la interpretación que se tiene de como las poblaciones de peces de interés económico completan su ciclo de vida en el marco de un río como el Uruguay que presenta un primer nivel de fragmentación producto de la represa de Salto Grande.

Cabe preguntarse entonces: ¿Cómo es posible que se encuentren cantidades considerables de dorados y surubíes aguas abajo de la represa? Una probable respuesta a esta pregunta es que es posible que el enclave de la represa contribuya a un incremento en las densidades de adultos de poblaciones distribuidas inmediatamente aguas abajo las que en rigor como un todo no sean de gran tamaño. Este nivel de agregación producto del obstáculo que la represa constituye podría influir en la percepción del público en general además de que en la práctica posibilita condiciones particularmente favorables para la pesca. No obstante, se ha probado la continuidad del flujo de larvas desde aguas arriba de Salto Grande (Fuentes *et al.*, 2016), por lo que por el momento puede asumirse que existe cierto grado de solapamiento entre poblaciones, unas desovando en el tramo medio, y otras eventualmente aguas abajo de la represa, las que por lo que los datos de abundancia de larvas en Paysandú y Fray Bentos indican, serían más pequeñas.

El mencionado solapamiento implicaría que en buena medida los adultos distribuidos en el bajo río Uruguay a la altura de las ciudades de Concordia y Salto podrían haber nacido en el tramo medio, y a causa de la imposibilidad de ascender a los tramos originales de desove, los mismos podrían permanecer y ser pescados en el área, a consecuencia de una gran afinidad por el río Uruguay. Esto podría explicar en parte la concentración local de las recapturas de dorado marcados ocurridas en los últimos años. Al mismo tiempo, algunos individuos distribuidos aguas abajo de la represa podrían pertenecer a poblaciones propias del tramo Inferior; esto implicaría que los mismos podrían desovar y sus huevos y larvas derivar en bajas densidades distribuyéndose hacia aguas abajo.

Por el momento no se cuenta con evidencia científica que permita avalar con precisión el origen poblacional de dichos efectivos. En tanto no se pueda definir con exactitud el origen de los individuos en estado adulto, los resultados justifican mantener las medidas restrictivas que CARU ha impuesto en las proximidades de Puerto Yerúa con fines de su conservación, dado que aun

conformando una “mezcla”, parte de estos peces podrían pertenecer a poblaciones remanentes que permanecen luego de la construcción de la represa de Salto Grande.

En otro sentido, el alcance de las medidas de regulación sobre los usos del recurso pesquero en el sector norte del tramo de aplicación de CARU localizado entre la represa y el río Cuareim, necesariamente debe ponerse en una perspectiva de escala mayor considerando que los resultados indican que las principales zonas de desove y posiblemente de cría de las poblaciones de peces migratorios se localizan en gran medida aguas arriba, fuera de la zona de administración de CARU.

**Determinación del origen poblacional de los individuos:** debido a que distintas investigaciones indican que existe una superposición significativa entre las poblaciones de peces migratorios entre los ríos Uruguay y Paraná en estado adulto, resulta necesario avanzar en una cuantificación aproximada de la misma. Esta definición permite predecir la evolución de los rendimientos de la pesquería y mensurar la independencia y efectividad de las medidas tomadas. En este sentido, se recomienda determinar por métodos moleculares, el origen poblacional de los componentes de las especies amplio rango migratorio. Para este abordaje el segmento larval contribuirá a explorar métodos y marcadores moleculares dado que el mismo refleja el evento reproductivo reciente característico de una población. Estos componentes genéticos podrán ser contrastados contra las capturas de peces adultos y así determinar qué proporción de los individuos capturados en el bajo Uruguay son nacidos en el río Paraná.

De igual forma se recomienda, analizar la consistencia entre las poblaciones de adultos y larvas de surubí y dorado, de los tramos medio e inferior del río Uruguay, a efectos de poner a prueba la hipótesis que sostiene que la mayoría de los efectivos distribuidos y sometidos a marcos regulatorios aguas debajo de la represa de Salto Grande son desovados en el tramo medio, reclutados en el tramo inferior luego del paso a través de la represa y confinados en este último a causa de la imposibilidad del retorno a su tramo original. El alcance de una eventual superposición de individuos nacidos en tramos diferentes, podrá ponderar el alcance de las medidas de regulación implantadas en el tramo inferior.

### **Aspectos vinculados a la explotación**

**Índices de abundancia larval:** se recomienda atender a la evolución de los indicadores de abundancia de sábalo y otros peces migratorios en los diferentes segmentos de desarrollo larval-juvenil-adulto a los efectos de contar con información independiente de los datos de desembarco y contar con un panorama completo de la evolución del estado de las poblaciones.

### **Aspectos vinculados a la identificación de especies**

Dado que es esencial tener capacidad de reconocimiento de los estadios de desarrollo de peces, en particular de los grupos más tempranos y a nivel taxonómico más bajo posible, se recomienda avanzar en la capacidad de identificación huevos y larvas, con la ayuda de desoves de ejemplares adultos, captura de larvas y cría en laboratorio, y por técnicas de identificación molecular. Es necesario poner especial énfasis en especies migratorias y/o residentes menos estudiadas hasta el presente, las que normalmente se encuentran más expuestas a efectos complejos de los distintos usos del hábitat.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. La aplicación de los estudios sobre estadios de desarrollo temprano de peces en el manejo de pesquerías.**

Desde comienzos del siglo XX las primeras investigaciones con rigor científico realizadas sobre poblaciones de peces marinos (Hjort, 1914), reconocieron que la fuerza de la clase anual en las poblaciones de peces está determinada durante los primeros días de vida de las especies. Dicho paradigma se ha mantenido inalterable desde entonces, y dio impulso a numerosas investigaciones sobre poblaciones de peces marinos y dulceacuícolas en relación a la dinámica de los estadios de desarrollo temprano de peces (Legget & DeBlois, 1994). El incremento en el conocimiento de la historia de vida temprana de los peces ha llevado a un mejor entendimiento de la variabilidad en el reclutamiento, por lo que los muestreos de huevos y larvas de peces (ictioplancton) se han incorporado a las metodologías de evaluación, para contribuir en parte a predecir el reclutamiento, o han sido utilizados directamente en las decisiones de manejo (van der Lingen *et al.*, 2003).

Según Ahlstrom y Moser (1976) hubo tres razones principales para hacer prospecciones de ictioplancton: a) estimar la abundancia de adultos a partir de biomasa de huevos, b) estimar el éxito reproductivo de las especies y de ser posible estudiar los factores que afectan la supervivencia de las larvas y c) evaluar los recursos pesqueros en general, dado que el muestreo de ictioplancton suele ser poco selectivo, brindando información de especies explotadas y no explotadas. En efecto el análisis de la dinámica de la deriva de huevos y larvas, completa un cuadro más preciso acerca de en qué medida las poblaciones logran el éxito reproductivo (DeGrandchamp *et al.*, 2007) y a grandes rasgos establece puntos de referencia para estimar qué tamaño poblacional permite mantener la población que esté sometida a explotación (Olusegun, 2011). En las últimas dos décadas se ha encontrado creciente evidencia de que la abundancia larval refleja tendencias en el tamaño del stock desovante (Hunter y Lo, 1993; Keller *et al.*, 1999; Gledhill & Lyczkowski-Shultz, 2000; Moser *et al.*, 2000) ya que ésta ha mostrado estar correlacionada con la de la biomasa desovante de diferentes especies de peces marinos (Moser *et al.*, 2001).

### **1.2. Ictioplancton en la Evaluación de Poblaciones de Peces Fluviales**

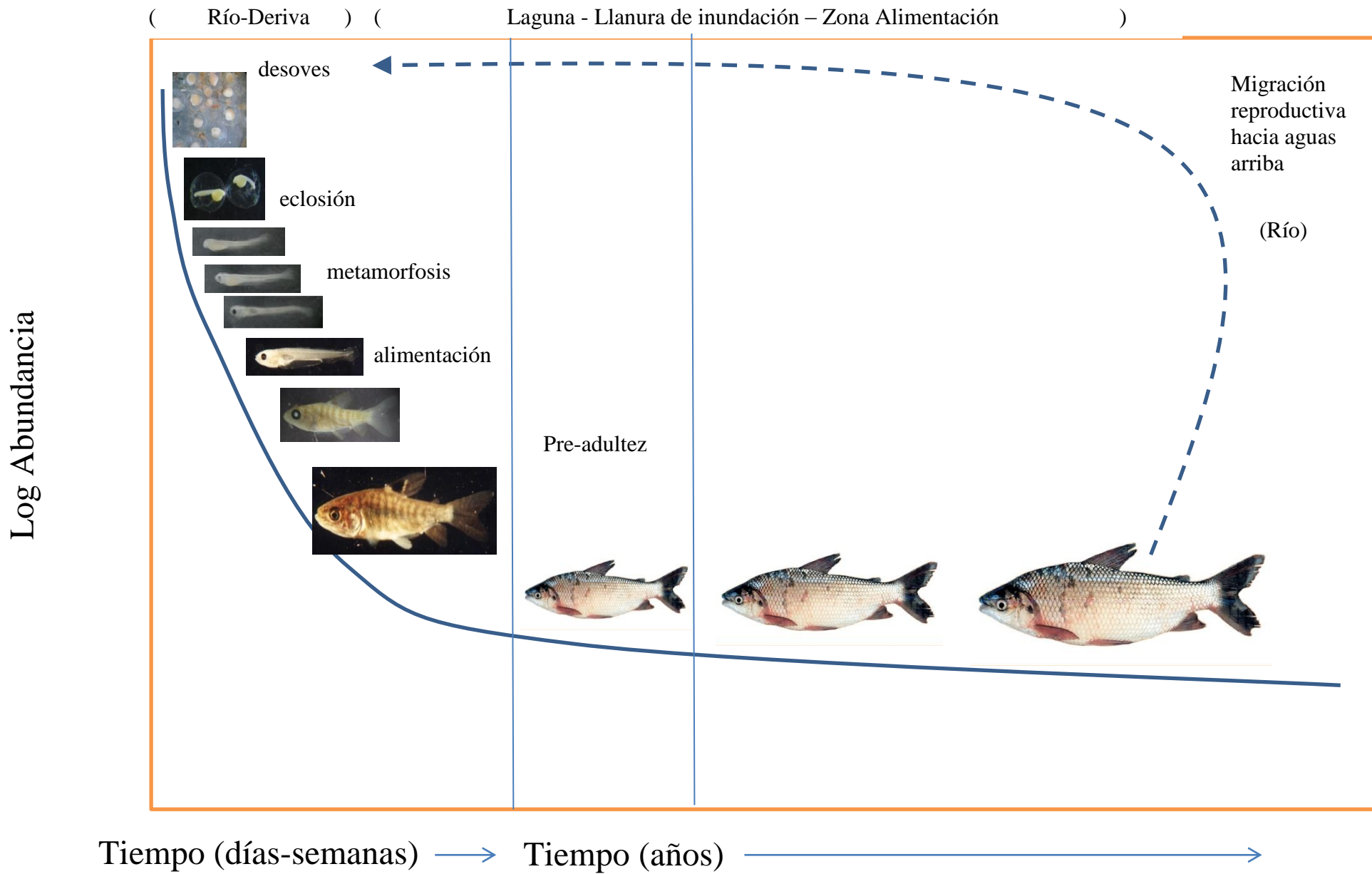
En el caso de los ríos, los estudios sobre las poblaciones de larvas de peces tuvieron como finalidad original la evaluación del impacto de la construcción de represas y centrales hidroeléctricas (Walburg y Nelson, 1966; Marcy, 1973; Cada y Hergenrader, 1978; Gale y Mohr, 1978; Storck *et al.*, 1978), dado que estas investigaciones permiten identificar y delimitar las áreas de desove y establecer la importancia relativa de los cuerpos de agua en el reclutamiento (Nakatani *et al.*, 2001; Pelicice y Agostinho, 2008; Gogola *et al.*, 2010; Suzuki *et al.* 2011). De manera semejante a lo observado en el mar, se ha reconocido además que en sistemas fluviales los estudios de ictioplancton posibilitan realizar inferencias acerca del tamaño de los stocks desovantes de una población, las estaciones de reproducción y los patrones migratorios de peces (Goulding, 1980; Pavlov, 1994), así como evaluar la efectividad de la aplicación de vedas.

### **1.3. Índices de abundancia larval de peces migratorios de la Cuenca del Plata.**

Dada la enorme dispersión de las actividades de la pesca en sistemas fluviales, es reconocido que la evaluación de sus pesquerías es dilatoria y compleja. A esto se suma el hecho de que los ecosistemas fluviales son inestables y muy sensibles a factores del ambiente circundante. El hecho de que la mayoría de los recursos pesqueros fluviales en grandes ríos

sudamericanos están representados por especies migratorias las cuales poseen sus hábitats esenciales temporal y espacialmente separados, contribuye a dificultar las evaluaciones (Welcomme, 1985; Quirós y Cuch, 1989; Agostinho *et al.*, 1993; Espinach Ros y Fuentes, 2001; Poulsen *et al.*, 2000). Dada la accesibilidad para la estimación de abundancia de huevos y larvas de peces migratorios, especies con desoves pelágicos que involucran la deriva de los estadios larvales por el canal principal (Bonetto, 1963, Bonetto *et al.*, 1971; Agostinho, *et al.*, 1993; Espinach Ros *et al.*, 1998; Fuentes, 1998) los requerimientos logísticos y de personal son relativamente reducidos.

La distribución de los estadios de desarrollo temprano en el canal principal de los ríos Uruguay y Paraná durante la época reproductiva (**Figura 1**) ha permitido entonces una cuantificación programada de los aportes de larvas que año tras año ocurren como resultado de los desoves (Fuentes *et al.*, 2007, 2009, 2012); la que brinda información precisa de la temporalidad de la reproducción, y al mismo tiempo constituye un dato independiente y complementario de las estimaciones de captura y esfuerzo de adultos de las principales especies. El presente informe se propone describir la dinámica de larvas en el río Uruguay. Por otra parte, reporta la evolución de los valores de índices de abundancia larval de las especies de interés económico de ambos colectores principales de la Cuenca del Plata a fin de contribuir al mantenimiento o toma de medidas vinculadas con el manejo de las especies de interés pesquero.



*Figura 1. Curva de supervivencia típica de un pez, ejemplificada en el ciclo de migración-desove-reclutamiento del sábalo.*



## 2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1. Objetivo General

Proveer información acerca de los aportes reproductivos anuales de peces migratorios en los tramos medio e inferior del río Uruguay, e inferior del río Paraná.

### 2.2. . Objetivos Particulares

- a) Estudiar la ocurrencia y la variación temporal de la actividad reproductiva de las especies de peces de interés comercial y deportivo en los ríos Uruguay y Paraná, a partir del cálculo de índices de abundancia larval.
- b) Evaluar la importancia relativa de la actividad reproductiva de las especies de peces de interés comercial y deportivo en los tramos medio e inferior del río Uruguay a partir de la presencia y abundancia de larvas en las localidades de ambos tramos.
- c) Calcular los valores de los Índices de Abundancia de Larvas (IAL) de las principales especies de peces migratorios en los ríos Uruguay y Paraná para el período 2001-2015.

### 2.3. Hipótesis de trabajo

La hipótesis de trabajo sobre la relación entre la abundancia de larvas y la actividad reproductiva de los diferentes stocks de peces migratorios puede resumirse en los siguientes puntos:

H1: *“las mayores variaciones en la abundancia de larvas de peces migratorios en la deriva localizada en la secciones de flujo permanente de las aguas de los diferentes ríos de la cuenca, son originadas por las diferencias en el tamaño del stock desovante y la intensidad o magnitud de la actividad reproductiva de las poblaciones con circuitos migratorios de los diferentes tramos de la cuenca”.*

H2: *“la actividad reproductiva de los peces migratorios es sincronizada durante los ascensos hidrométricos, y los huevos y larvas se distribuyen aguas abajo de la zona de desove”.*

H3: *“la importancia relativa del aporte reproductivo del tramo medio es mayor que la del tramo inferior”.*

H4: *“existen poblaciones de peces migratorios con zonas de desove aguas abajo de la represa de Salto Grande”.*

## 3. METODOLOGÍA.

### 3.1. Área de estudio.

El río Uruguay con 1800 km de longitud y  $5200 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$  y un área de drenaje de  $365.000 \text{ km}^2$  se constituye en uno de los dos grandes colectores de la Cuenca del Plata (Dai and Trenberth, 2002) (**Figura 2**). La sección media se extiende desde el río Piratiní hasta la ciudad de Salto (606 km, con una pendiente  $9 \text{ cm} \cdot \text{km}^{-1}$ ) drenando a lo largo de la frontera entre Brasil, Argentina y Uruguay y, casi en el límite con la sección inferior, tiene localizada la represa de Salto Grande ( $31^\circ 16' \text{ S}$ ,  $57^\circ 56' \text{ O}$ ). La represa forma un embalse de

aproximadamente 140 km de longitud y un área de 783 km<sup>2</sup>. En su sección inferior (km 345) el río Uruguay presenta un ancho de alrededor de 800 metros y una pendiente promedio de 3 cm.km<sup>-1</sup> (Comisión Técnica Mixta de Salto Grande). Diez kilómetros aguas debajo de la represa el flujo pasa los rápidos del Salto Chico, desde donde el río adopta un flujo más homogéneo típico de la sección. La propia presencia de la represa provoca un comportamiento diferenciado del río. Entre Salto y Concepción del Uruguay, funciona en régimen de canal; hasta Fray Bentos continúa la influencia de las descargas de la represa, la descarga del Río Negro, el nivel del Río de la Plata y el sistema de islas que reducen su velocidad en ese tramo. Desde la ciudad de Fray Bentos hasta la desembocadura, el río está regulado más por los niveles del Río de la Plata que por su caudal específico (Oficina de Planeamiento y Presupuesto, OEA- BID. Uruguay-Estudio Ambiental Nacional, 1992).

### 3.2. Monitoreo del ictioplancton

La actividad se caracterizó por muestreos intensivos del ictioplancton en siete estaciones del río Uruguay medio e inferior y adicionalmente en tres estaciones del río Paraná. A la altura del tramo medio del río Paraná se ha mencionado que se localizarían las zonas de desove de especies migratorias que, al alcanzar el estado adulto, tendrían distribución en el río Uruguay Inferior. A partir de las estimaciones de densidad semanal de larvas se describe la variación temporal de la reproducción de las especies de interés comercial y deportivo, mayoritariamente migratorias y, considerando el caudal estimado de las estaciones mejor cubiertas (Paysandú y Paraná), se calcula un índice de abundancia de larvas que permite establecer tendencias en forma independiente de otras evaluaciones llevadas a cabo sobre las poblaciones y sobre las pesquerías.

**Participantes en trabajo de campo:** Carlos M. Fuentes, María Inés Gómez, Ismael Lozano, Sabina Llamazares, Guillermo Murillo y José de León. Participantes en el procesamiento de muestras: María Inés Gómez, Javier Salva, Yanina Piazza y Sabina Llamazares.

**Estaciones de muestreo:** En el río Uruguay Medio (RUM) las estaciones fueron: Barra Concepción de la Sierra (Misiones, R.A.) Yapeyú (Corrientes, R.A.) y Monte Caseros (Corrientes, R.A.), mientras que en el tramo inferior del río Uruguay (RUI), las mismas estuvieron localizadas a la altura de: Benito Legerén (Entre Ríos, R.A.), Paysandú (R.O.U) y Fray Bentos (R.O.U). En el río Paraná Inferior, las localidades de muestreo fueron Hernandarias (Entre Ríos, R.A.), Paraná (Entre Ríos, R.A.) y Rosario (Santa Fe, R.A.) (**Figura 1**).

**Obtención de las muestras:** La actividad de muestreo se desarrolló entre octubre de 2014 y fin de marzo del 2015, como viene ocurriendo desde el año 2000. Las muestras fueron tomadas en horas de luz, en el canal principal a profundidad media, en su mayoría de manera estacionaria y a una distancia de la costa donde las condiciones de flujo son permanentes (en general mayores a 50 metros de la costa). Cuando las velocidades de la corriente no fueron adecuadas para la toma de la muestra en forma estacionaria, el muestreo se llevó a cabo mediante el arrastre activo de la red entre dos puntos localizados a una distancia conocida. Se evitaron zonas de remanso.

**Arte de captura:** Se utilizó una red cónica de 35 cm de diámetro y 1 m de longitud, provista, en general, de un flujómetro en la boca para el cálculo del volumen de agua filtrada (**Figura 3**). La manga consistió de un cono de malla de Nylon con trama de 300 µm 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 cm x 4,0 cm cubierta con una malla de 300 µm.

**Procedimiento:** En todas las estaciones el tiempo de filtración se mantuvo en 15 minutos, 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. Esta última se estimó mediante el tiempo transcurrido para la extensión total de un sedal de 10 metros de longitud, provisto de una boya semi-sumergida en su extremo.

**Frecuencia de muestreo:** En cada estación de muestreo se obtuvieron tres muestras por semana (lunes, miércoles y viernes) durante el periodo de estudio, salvo algunos casos en que se presentaron dificultades meteorológicas u operativas insalvables.

**Procesamiento:** El procesamiento de las muestras involucró normalmente dos pasos. En el primero la muestra se revisó completamente, durante lo cual se retiraron los individuos de mayor tamaño, en general fácilmente detectables entre la materia orgánica (largo total ~1 cm). Estos individuos, generalmente perteneciente a especies o en estadios de desarrollo menos abundantes (*Pimelodus* spp., *Salminus brasiliensis*, etc.), fueron contabilizados totalmente. De esta manera, se buscó minimizar el error en la estimación de la abundancia. En un segundo paso, y especialmente en las muestras de mayor contenido de materia orgánica, donde el conteo de la totalidad de los individuos es extremadamente demandante en tiempo, se realizó un fraccionamiento. Estas muestras fueron fraccionadas con un dispositivo tipo Motodo (1959) para plancton obteniéndose una sub-muestra de entre 25 % y 6,25 % del tamaño de la muestra original, donde la totalidad de los huevos y larvas fueron extraídos. Todas las muestras fueron procesadas bajo microscopio estereoscópico con un aumento de 12x. Una vez separadas de la materia orgánica las larvas fueron identificadas a la menor categoría taxonómica posible. Para la identificación de algunas de las especies se usaron las series de desarrollo obtenidas por Nakatani *et al.* (2001), Sverlij *et al.* (1993) y descripciones inéditas para otras (Fuentes, 1998). El tiempo total insumido para el acondicionamiento y procesamiento de las muestras bajo microscopio estereoscópico fue de alrededor de 1.400 horas hombre para cada período.

**Cálculo de estimadores de abundancia larval:** La abundancia larval se estimó por el cálculo de densidad de larvas de las distintas especies dividiendo el total de larvas por el volumen de agua filtrada obtenido a partir de un flujómetro localizado en la boca de la red. Se calculó la densidad media de larvas por especie por semana ( $\delta_{sem.}$ ) y para todo el periodo ( $\delta_{per.}$ ) En las localidades en donde no se contó con el dato de flujómetro, se utilizó una aproximación basada en la velocidad de la corriente estimada con boya flotante y la eficacia de la red en base al volumen de materia orgánica colectada en la muestra (Gómez *et al.*, 2011). Como un estimador alternativo de abundancia, se calculó el número medio de individuos (huevos y larvas) por muestra para cada estación. Dichos valores constituyen otros indicadores de abundancia, y se utilizaron para comparar la misma entre los tramos medio e inferior del río Uruguay, bajo el supuesto de que a) los volúmenes de muestra están a grandes rasgos acotados por la línea de flujo habitual buscada para la toma de la misma (0,3-1 m.seg-1), b) el desempeño de la red utilizada en todas las estaciones tiende a ser similar y c) el número de muestras es elevado.



### 3.3. Cálculos de Caudal y Variables Hidrológicas

Los detalles de los niveles hidrométricos del río Uruguay durante las primaveras, veranos y otoños del período 2001-2016 se resumen en la **Figura 4**. En la **Figura 5** se detallan los valores históricos del río Uruguay y Paraná a los efectos de tenerlos como referencias en las interpretaciones realizadas en el texto. Las referencias a niveles hidrométricos para el río Uruguay a la altura de Paysandú corresponden al hidrómetro de Colón (E.R.), mientras que las hechas para el río Paraná corresponden al hidrómetro de la ciudad de Paraná. Adicionalmente, las alturas del río Uruguay en Yapeyú (R.A.) se obtuvieron a partir de alturas disponibles en la base de datos de CARU en Monte Caseros en base a la siguiente ecuación (Ec.1) obtenida de los registros de Prefectura Naval Argentina durante 2013-2015.

$$NH (\text{Yapeyú}) = 0,7334 NH (\text{M. Caseros}) + 0,2578 \quad (R^2=0,9439) \text{ Ec.1}$$

### 3.4. Cálculo del Índice de Abundancia Larval

Para cada estación de muestreo y cada especie considerada se obtuvieron los índices de abundancia larval (IAL), según la fórmula:

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

Donde:

$\delta_s$  es la densidad promedio semanal en la localidad de muestreo.

T es el tiempo en segundos de una semana (60\*60\*24\*7 seg.).

Q (nhs)<sup>1</sup> es el caudal medio estimado en m<sup>3</sup>.seg-1.

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

### 3.5. Períodos 2014-2015 y 2015-2016

#### 3.5.1. Abundancia de larvas en los ríos Uruguay y Paraná

El número total de larvas y la proporción capturadas por especie y localidad del río Uruguay fue calculado para cada período 2014-2015 y 2015-2016. Las densidades medias, máximas y frecuencia de ocurrencia anuales para cada localidad muestreada en los ríos Uruguay y Paraná, fue calculada para cada uno de los períodos.

#### 3.5.2. Variación temporal de la abundancia de larvas para los períodos reproductivos 2014-2015 y 2015-2016

Con el objeto de estudiar la variación temporal de la actividad reproductiva de las principales especies en los ríos Uruguay y Paraná, el promedio semanal de la densidad de huevos de peces y de larvas de sábalo, boga, dorado, surubí y armados fue contrastado con los datos semanales de temperatura y nivel hidrométrico de cada uno de los ríos para ambos periodos.

---

<sup>1</sup> Los detalles del cálculo de caudal se pueden obtener en Fuentes y Espinach Ros (2007).

### **3.6. Análisis en perspectiva (2008-2016)**

#### **3.6.1. Distribución espacial en períodos 2013-2015 y 2008-2016**

Las diferencias espaciales en detalle de las especies más importantes fueron exploradas representando gráficamente el promedio de las densidades obtenidas para las seis localidades muestreadas en el río Uruguay Medio e Inferior en los períodos de mayor cobertura espacial (6 localidades: 3 sección Media y 3 sección Inferior) 2013-2014 y 2014-2015; no se contó con el mismo número de localidades para el período 2015-2016 por ello no fue incluido en el análisis.

La significación estadística de las diferencias entre las densidades obtenidas en localidades del río Uruguay Medio e Inferior se evaluó para las localidades con mayor cobertura temporal (2008-2016) mediante un test de Friedman ( $P < 0,05$ ) considerando a los valores anuales como réplicas. Estas fueron en la sección media Yapeyú, y en la inferior Benito Legerén, Paysandú y Fray Bentos.

#### **3.6.2. Frecuencia acumulada del flujo de larvas (2008-2016)**

A efectos de contar con una visión general de cuál es la evolución temporal promedio de la reproducción de los peces, y proveer herramientas para la eventual implantación de vedas parciales, se realizó un análisis de la frecuencia acumulada del flujo de larvas durante el período 2008-2016, que involucró 9 años de muestreo, en años hidrológicamente muy diversos. Para dicho cálculo se obtuvo inicialmente el valor promedio semanal de la densidad de larvas y con posterioridad se lo estandarizó dividiendo al valor de cada densidad promedio semanal por la suma total de las mismas a las que se las consideró representativa del 100% del flujo para cada período reproductivo. Para cada quincena se obtuvo la suma acumulada de las densidades estandarizadas hasta llegar al 100 %, para cada uno de los años. Con posterioridad se obtuvo el promedio del valor de flujo de larvas acumulado en cada quincena ponderando la totalidad de los años muestreados. A partir de la información disponible se calcularon los valores promedio del flujo de larvas acumulado en la estación Yapeyú y Paraná constituyen curvas que reflejan las diferencias en la dinámica temporal de la reproducción en los dos ríos.

#### **3.6.3. Composición del ictioplancton de los ríos Paraná y Uruguay agrupando años 2008-2016**

Con el objeto de realizar una comparación de datos robustos de la composición del ictioplancton de los ríos Uruguay y Paraná se obtuvo la suma del total de huevos y larvas de cada “especie” capturada durante la totalidad de los periodos disponibles (2008-2016) considerando el total de las localidades. Mediante este cálculo se obtuvo un dato de composición general del ictioplancton para cada río.

Para un análisis más detallado de la composición del ictioplancton, se obtuvo la proporción de cada especie para cada localidad y periodo relativizando el total de individuos capturados para cada “especie” dividiéndolo por el total de miembros del ictioplancton (huevos y larvas) capturados durante ese período. Se obtuvieron entonces datos de la composición del ictioplancton para cada año y localidad de cada río.

#### **3.6.4. Composición del ictioplancton por localidad - Análisis de componentes principales (ACP)**

Con el objeto de resumir la estructura de los datos de composición del ictioplancton de las localidades de los tramos medio e inferior en ambos ríos, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) a partir de una matriz de proporciones anuales para cada una de las “especies” más frecuentemente registradas en las muestras. El ACP es una técnica multivariada utilizada para que, dado un número de  $n$  observaciones de  $p$  variables, la información sea representada con un número menor de variables construidas como combinaciones lineales de las originales (Davis, 1970). De esta forma la información se representa en un espacio de dimensión menor que el espacio general  $p$ -dimensional. En este sentido, el ACP es el primer paso para identificar las posibles variables latentes, o no observadas de manera sencilla desde los datos. Por otra parte, permite transformar las variables originales, en general correlacionadas, en nuevas variables no correlacionadas, facilitando la interpretación de los datos. De esta manera se pretende encontrar un sub-espacio de dimensión menor que  $p$ , tal que al proyectar sobre él los puntos conserven su estructura con la menor distorsión posible.

#### **3.6.5. Análisis de las diferencias en la composición del ictioplancton entre localidades de los ríos Uruguay y Paraná para el período 2008-2016**

La comparación de la composición anual del ictioplancton (16 variables) entre localidades de ambos ríos se llevó a cabo mediante un análisis de varianza multivariada con permutaciones (PERMANOVA) con base en distancias Euclidianas (Anderson, 2001). Esta técnica posibilita realizar comparaciones entre tratamientos (en este caso los ríos) entre muestras multivariadas que no cumplen con los supuestos de homocedasticidad y normalidad. Dado que esta técnica demanda muestras balanceadas el test fue llevado a cabo entre las estaciones Paraná o Rosario, versus cada una de las localidades del río Uruguay con mismo nivel de representación en el tiempo (2008-2016) como son Yapeyú, Benito Legerén, Paysandú y Fray Bentos. Se tuvo como supuesto la independencia de la composición del ictioplancton entre distintos períodos reproductivos, hecho que fue corroborado por un análisis gráfico de auto-correlación para cada una de las variables en cada una de las localidades con un intervalo de confianza de 95 % el cual mostró que no hubo diferencias significativas con la hipótesis nula de no correlación.

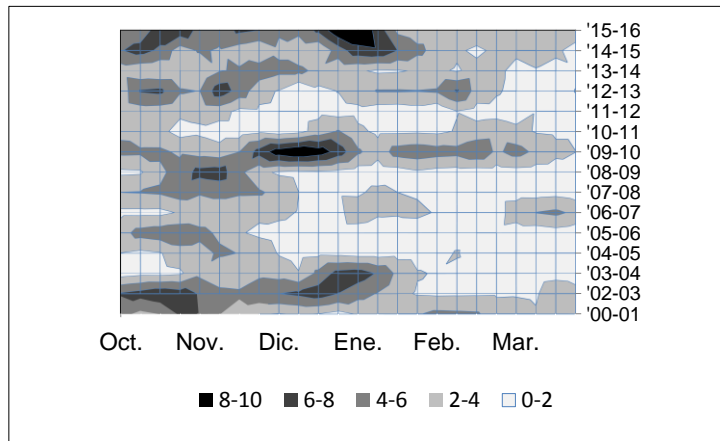
#### **3.6.6. Contraste entre los datos de abundancia larval, las capturas comerciales y experimentales de los ríos Uruguay y Paraná**

Los índices de abundancia larval de sábalo (IAL) que ponderan la sumatoria de las densidades semanales medias y el caudal, para cada uno de los años, así como la densidad media anual de larvas promediada para todos los años de muestreo (2000-2016) fue contrastada con los datos disponibles de capturas comerciales y con los de captura por unidad de esfuerzo (CPUE: kg/batería/noche) disponibles para cada uno de los ríos (Informes CARU y EBIPES “Evaluación biológica y pesquera de especies de interés deportivo y comercial en el río Paraná, Argentina”). El nivel de significación entre los índices de abundancia de larvas y los de CPUE experimental entre ríos fueron evaluados mediante un test de rangos de Wilcoxon ( $P < 0,05$ ).

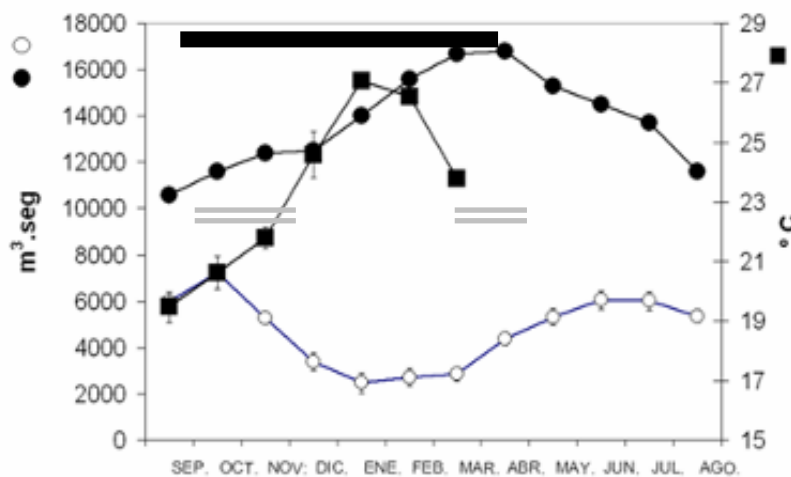
## 4. RESULTADOS

### 4.1. Río Uruguay 2014-2015. Datos Hidrológicos

Durante el período comprendido entre octubre de 2014 y marzo de 2015, en el río Uruguay se dieron condiciones hidrológicas normales, en las que los niveles hidrométricos mostraron incrementos por sobre los 4 metros en Colón (R.A.) en octubre de 2014 y enero de 2015, con una duración de alrededor de un mes cada uno (**Figura 4**), lo que es coherente con los máximos históricos (**Figura 5**).



**Figura 4.** Niveles hidrométricos (metros) del río Uruguay a la altura de Colón (R. A.) durante los períodos de muestreo comprendidos entre la primavera del 2000 y el verano de 2016. Las tonalidades representan los intervalos de altura en metros.



**Figura 5.** Caudales medios mensuales durante el período 1889-2003 (círculos blancos) y promedio de las temperaturas del agua medidas en los últimos 9 años durante el período de muestreo (cuadrado negro) para el río Uruguay (error estándar en barras verticales). Se grafican los caudales medios del río Paraná para el período 1901-1973 (círculos negros). Las barras horizontales indican períodos donde se conjugarían condiciones favorables para la reproducción de peces migratorios, (gris doble: río Uruguay; negro grueso: río Paraná)

### 4.2. Composición del ictioplancton en los ríos Uruguay (2014-2015).



En la **Tabla 1** se resume la composición del ictioplancton del río Uruguay en tres estaciones del río Uruguay medio (RUM) y en tres del río Uruguay Inferior (RUI) durante el período 2014-2015. Al igual a lo observado durante el período 2013-2014, el ictioplancton estuvo dominado por especies de peces pequeños residentes de Caraciformes y de Siluriformes de la familia Pimelodinae (bagres pequeños). En el período mencionado y agrupadas las estaciones, se capturaron 45.645 larvas (RUM: 31.174 y RUI: 14.471) y 2.913 huevos de peces (RUM: 2.251 y RUI: 662). El 45,4 % (RUM) y 25,3 % (RUI) de las larvas estuvieron constituidas de individuos de especies migratorias como sábalo (*Prochilodus lineatus*), boga (*Leporinus obtusidens*), armados (Fam. Doradidae) y surubí (*Pseudoplatystoma* spp), entre otras de menor rango de desplazamiento. Por otra parte, el 47,6 % (RUM) y 65,8 % (RUI) del total de las larvas de peces fueron identificadas como Characiformes y Siluriformes residentes o de escaso rango migratorio, fundamentalmente larvas de las Subfamilias *Tetragonopterinae* (mojarras), *Curimatinae* (sabalitos), *Characinae* (dientudos) y *Pimelodinae* (bagres pequeños). Las especies de linaje marino (anchoas y corvinas) sólo constituyeron el 0,7 % y el 4 % del total de la captura en el tramo medio e inferior del río Uruguay respectivamente. Las larvas de peces migratorios fueron abundantes y capturadas en todas las estaciones de muestreo. Los sábalos alcanzaron un 7,96 % (RUM) y 4,54 (RUI), las bogas un 12,7 % (RUM) y 7,36 (RUI), los armados un 22,7 % (RUM) y 12,8 (RUI), los dorados a 0,48 % (RUM) y 0,25 % (RUM) y el surubí un 0,82 % (RUM) y 0,19 % (RUI) de la captura.

#### **4.3. Densidades y ocurrencia anual de larvas de peces migratorios por especie y tramo para el período 2014-2015**

En la **Tabla 2** se consignan las densidades medias y máximas, y la frecuencia de ocurrencia de larvas de sábalo, boga, dorado, armados y surubí en las secciones Media e Inferior del río Uruguay durante el período 2014-2015. Las mayores densidades de peces migratorios fueron registradas para los armados en la sección media y para la boga en la Inferior, con valores en general por sobre 1 larva por metro cúbico. Salvo para la estación Barra Concepción donde el número de larvas identificables fue escaso, ambas especies alcanzaron frecuencias de ocurrencia que oscilaron entre el 30% y 50% durante el muestreo. Dichas especies fueron seguidas por el sábalo, el que fue capturado en densidades entre 2 a 5 veces menores a las de boga y armado, y con frecuencias de ocurrencia con valores algo menores, entre 20 % y 30 % en todo el periodo. Los surubíes y dorados, ocuparon el último lugar con densidades por debajo de las 0,1 larvas por metro cubico y ocurrencias anuales comprendidas entre el 20 y el 10 % para el surubí y entre 5 % y 15 % para dorado.

#### **4.4. Variación temporal del flujo de larvas de peces migratorios en el período octubre de 2014-marzo de 2015**

Durante el período comprendido entre octubre de 2014 y marzo de 2015, el río Uruguay manifestó dos pulsos de inundación en los que los niveles hidrométricos superaron los 7 metros a la altura de la ciudad de Colón, a los cuales los máximos flujos de larvas de peces migratorios de interés comercial y deportivo estuvo fuertemente asociada (**Figuras 6-11**). En este período el flujo de larvas en el río Uruguay Inferior a la altura de la ciudad de Paysandú estuvo bien representado, y mayormente concentrado durante los días en los que el río presentó alturas por sobre 5 metros en primavera y verano con temperaturas del agua de alrededor de 21 °C en octubre de 2014 y 25 °C en enero de 2015 respectivamente (**Figuras 6-11**).

La dinámica temporal de la abundancia de huevos de peces mostró diferencias entre el tramo medio e inferior. Como puede verse en la **Figura 6** el flujo de huevos fue escaso en el tramo

inferior durante octubre de 2014, mientras que aguas arriba en el tramo medio, y en especial en las estaciones de muestreo del tramo norte de la sección media, se dieron los picos máximos de abundancia de huevos de peces tanto pequeños como grandes, asociados al pico de inundación de alrededor de 7 metros del río Uruguay. Promediando la primavera y a comienzos de verano el flujo de huevos de peces ocurrió en ambos tramos del río, aunque en general los huevos observados en la sección inferior fueron normalmente pequeños.

En cuanto a la deriva de larvas, también se registraron diferencias en la dinámica observada en ambos tramos, aunque en general la misma estuvo asociada a incrementos hidrométricos. Los pulsos de deriva de larvas de sábalo, por ejemplo, no ocurrieron en forma simultánea en los dos tramos; en las estaciones del tramo medio los máximos ocurrieron en noviembre y enero, mientras que en el tramo inferior y, especialmente en las estaciones alejadas de la represa de Salto Grande (Paysandú y Fray Bentos, R.O.U), un pulso importante en el flujo de larvas ocurrió en octubre durante el incremento hidrométrico de primavera con temperaturas del agua comprendidas entre 21 °C y 22 °C (**Figuras 7**). En cambio, el flujo de larvas durante enero de 2015 fue coherente en todas las estaciones de muestreo del tramo medio e inferior del río Uruguay. Dicha dinámica temporal se tendió a registrar también para el caso del dorado (**Figura 9**). Para la boga, los armados y el surubí los máximos flujos de larvas ocurrieron en noviembre de 2014 y en enero de 2015 en casi todas las estaciones.

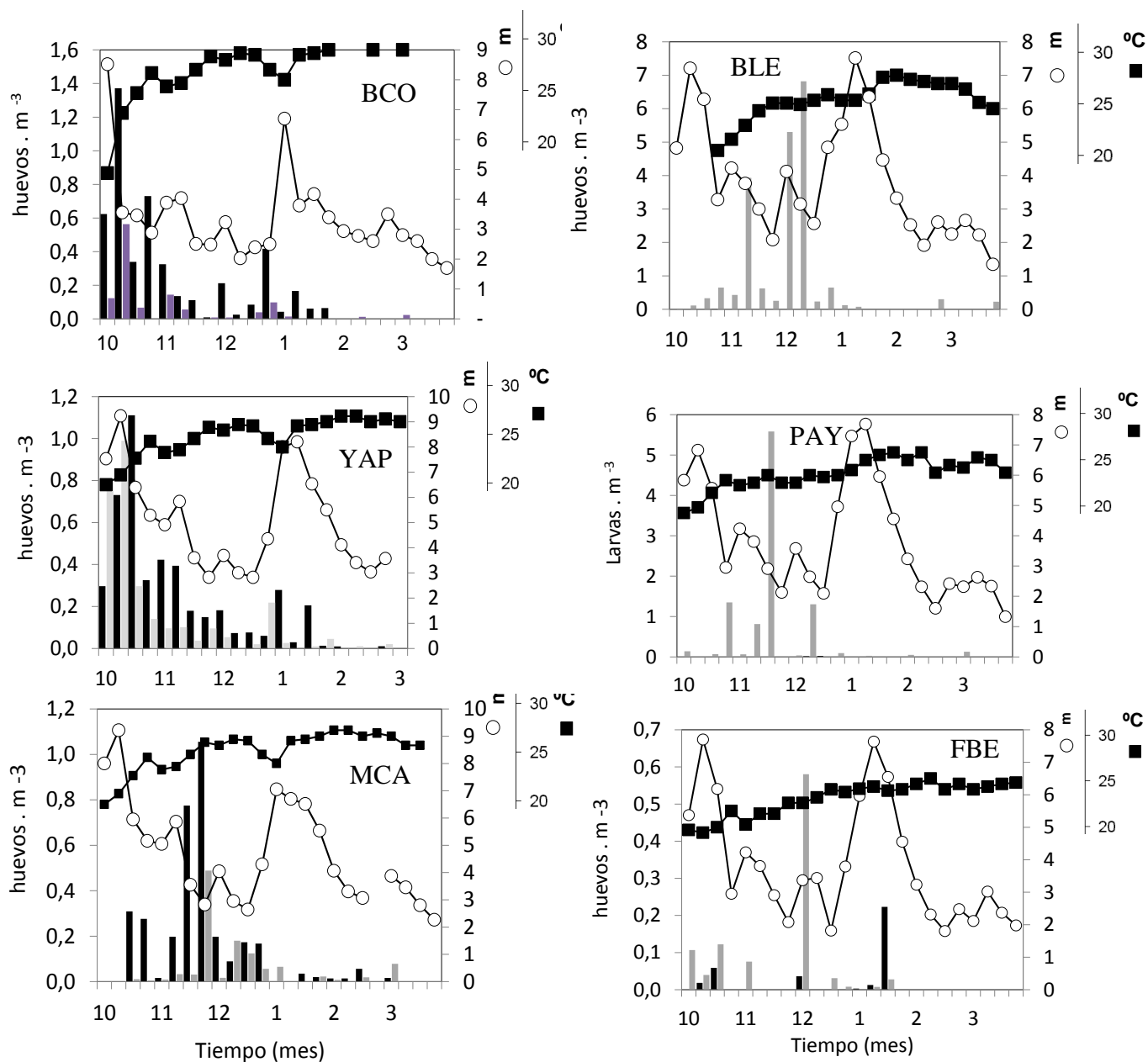
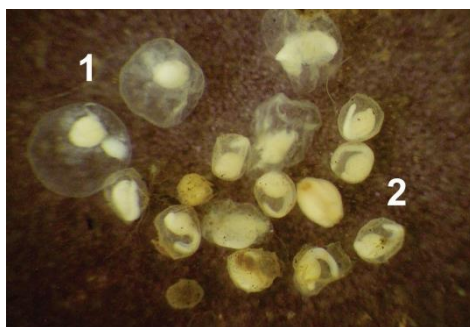
**Tabla 1.** Número (arriba) y porcentaje (% , abajo en *itálica*) de larvas de las especies y grupos de peces más comunes en el ictioplancton en cinco localidades de muestreo en el río Uruguay durante los períodos 2014-2015. Localidades de muestreo del tramo Medio e Inferior, en celeste y rosa respectivamente. Acrónimos de estaciones y especies a pie de página (\*).

|                           | Huc                 | hug                | sáb                | bog                 | sbt                 | dor               | die                | cha               | moj                  | arg                  | arc                | sur               | cuc               | ma                | bag                  | tro               | lor               | hom               | Pat             | vir                | anc                | cor                | pej             | Cni                  | sni                | TT    |
|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-------|
| <b>BCO</b><br><b>n=89</b> | 165<br><i>4,23</i>  | 720<br><i>18,5</i> | 34<br><i>0,87</i>  | 445<br><i>11,4</i>  | 25<br><i>0,64</i>   | 67<br><i>1,72</i> | 0<br><i>0,0</i>    | 2<br><i>0,00</i>  | 495<br><i>12,7</i>   | 51<br><i>1,31</i>    | 30<br><i>0,71</i>  | 89<br><i>2,28</i> | 26<br><i>0,67</i> | 10<br><i>0,25</i> | 744<br><i>19,1</i>   | 82<br><i>2,1</i>  | 0<br><i>0,0</i>   | 1<br><i>0,00</i>  | 0<br><i>0,0</i> | 46<br><i>1,18</i>  | 0<br><i>0</i>      | 1<br><i>0,00</i>   | 0<br><i>0,0</i> | 480<br><i>12,3</i>   | 344<br><i>8,8</i>  | 3892  |
| <b>YAP</b><br><b>n=63</b> | 327<br><i>2,44</i>  | 440<br><i>3,28</i> | 2283<br><i>4,6</i> | 1154<br><i>8,6</i>  | 163<br><i>1,21</i>  | 17<br><i>0,26</i> | 23<br><i>0,17</i>  | 27<br><i>0,20</i> | 2717<br><i>20,2</i>  | 1691<br><i>12,6</i>  | 782<br><i>5,83</i> | 83<br><i>0,67</i> | 18<br><i>0,13</i> | 7<br><i>0,05</i>  | 649<br><i>4,83</i>   | 17<br><i>0,13</i> | 1<br><i>0,00</i>  | 34<br><i>0,25</i> | 0<br><i>0,0</i> | 49<br><i>0,36</i>  | 32<br><i>0,24</i>  | 146<br><i>1,08</i> | 0<br><i>0,0</i> | 3797<br><i>28,3</i>  | 613<br><i>4,57</i> | 13411 |
| <b>MCA</b><br><b>n=87</b> | 126<br><i>0,90</i>  | 473<br><i>3,41</i> | 167<br><i>1,26</i> | 2371<br><i>17,1</i> | 990<br><i>7,14</i>  | 66<br><i>0,47</i> | 206<br><i>1,48</i> | 29<br><i>0,21</i> | 2450<br><i>17,66</i> | 3585<br><i>25,84</i> | 940<br><i>6,77</i> | 85<br><i>0,61</i> | 39<br><i>0,28</i> | 68<br><i>0,49</i> | 57<br><i>1,70</i>    | 240<br><i>1,8</i> | 10<br><i>0,07</i> | 2<br><i>0,01</i>  | 0<br><i>0,0</i> | 63<br><i>0,45</i>  | 38<br><i>0,27</i>  | 13<br><i>0,09</i>  | 0<br><i>0,0</i> | 73<br><i>0,52</i>    | 473<br><i>3,41</i> | 13871 |
| <b>BLE</b><br><b>n=90</b> | 128<br><i>4,29</i>  | 1<br><i>0,03</i>   | 350<br><i>11,7</i> | 562<br><i>18,8</i>  | 685<br><i>22,9</i>  | 28<br><i>0,94</i> | 11<br><i>0,37</i>  | 3<br><i>0,10</i>  | 420<br><i>14,09</i>  | 362<br><i>12,1</i>   | 104<br><i>3,48</i> | 26<br><i>0,87</i> | 5<br><i>0,17</i>  | 4<br><i>0,13</i>  | 187<br><i>6,27</i>   | 5<br><i>0,17</i>  | 0<br><i>0,0</i>   | 0<br><i>0,0</i>   | 0<br><i>0,0</i> | 21<br><i>0,70</i>  | 18<br><i>0,60</i>  | 0<br><i>0,0</i>    | 0<br><i>0,0</i> | 0<br><i>0,0</i>      | 33<br><i>1,10</i>  | 2980  |
| <b>PAY</b><br><b>n=91</b> | 443<br><i>29,24</i> | 2<br><i>0,13</i>   | 73<br><i>4,82</i>  | 147<br><i>9,70</i>  | 152<br><i>10,03</i> | 3<br><i>0,19</i>  | 0<br><i>0,0</i>    | 0<br><i>0,0</i>   | 185<br><i>12,21</i>  | 38<br><i>2,51</i>    | 101<br><i>6,7</i>  | 0<br><i>0,0</i>   | 0<br><i>0,0</i>   | 2<br><i>0,13</i>  | 46<br><i>3,03</i>    | 4<br><i>0,26</i>  | 1<br><i>0,06</i>  | 0<br><i>0,0</i>   | 0<br><i>0,0</i> | 29<br><i>1,91</i>  | 37<br><i>2,44</i>  | 51<br><i>3,36</i>  | 0<br><i>0,0</i> | 54<br><i>3,56</i>    | 147<br><i>9,70</i> | 1515  |
| <b>FBE</b><br><b>n=74</b> | 62<br><i>0,62</i>   | 26<br><i>0,26</i>  | 234<br><i>2,34</i> | 357<br><i>3,58</i>  | 877<br><i>8,8</i>   | 6<br><i>0,06</i>  | 5<br><i>0,05</i>   | 0<br><i>0,0</i>   | 1731<br><i>17,35</i> | 405<br><i>4,06</i>   | 848<br><i>8,50</i> | 2<br><i>0,02</i>  | 4<br><i>0,04</i>  | 0<br><i>0,0</i>   | 2176<br><i>21,81</i> | 8<br><i>0,08</i>  | 1<br><i>0,01</i>  | 11<br><i>0,11</i> | 0<br><i>0,0</i> | 137<br><i>1,37</i> | 371<br><i>3,72</i> | 104<br><i>1,04</i> | 0<br><i>0,0</i> | 1670<br><i>16,74</i> | 932<br><i>9,34</i> | 9976  |

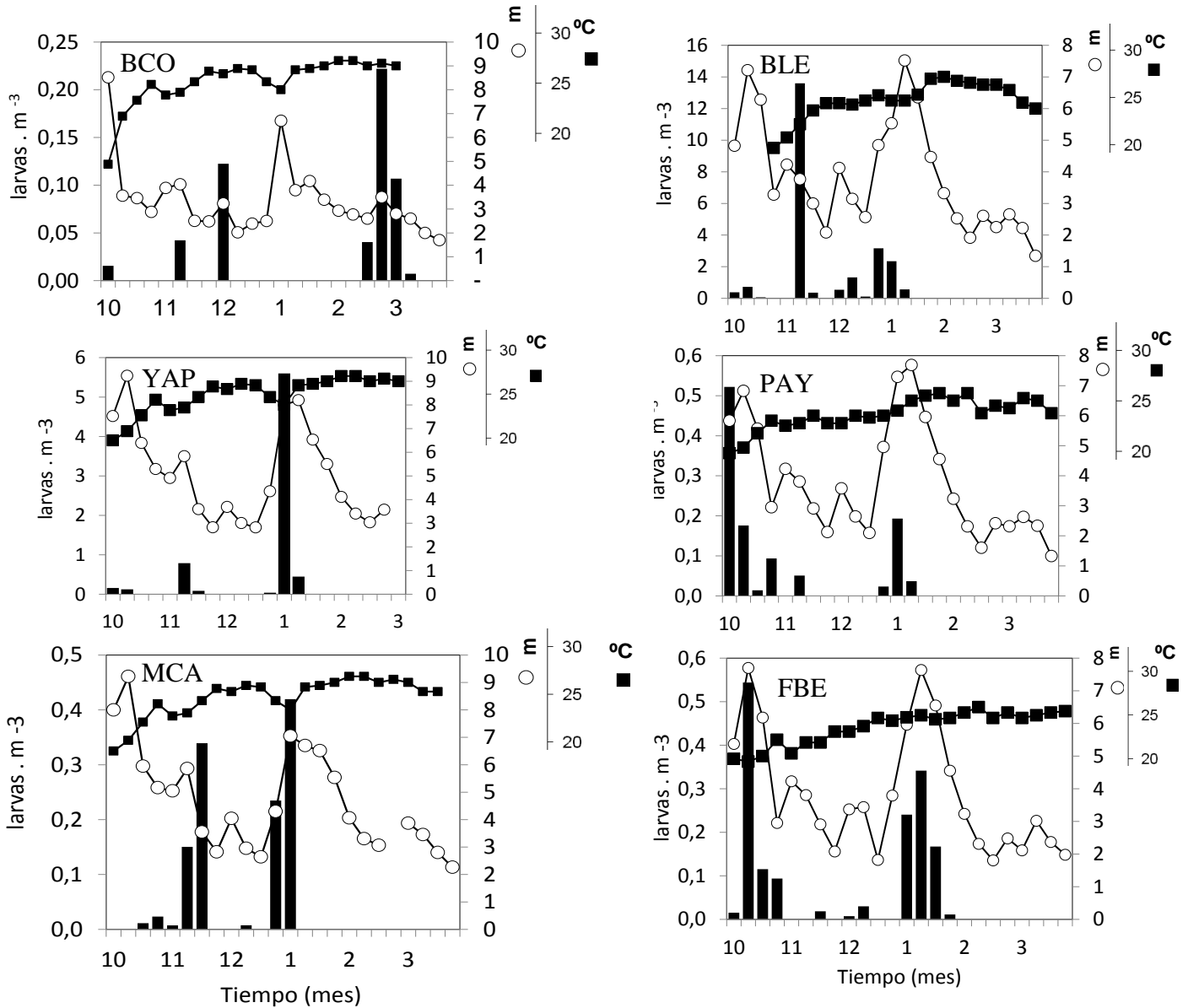
\***BCO:** Barra Concepción (R.A.); **YAP:** Yapeyú (R.A); **MCA:** Monte Caseros (R.A); **BLE:** Benito Legerén (R.A.); **PAY:** Paysandú (R.O.U.); y **FBE:** Fray Bentos (R.O.U.) .durante los períodos 2011-2012 (**huc:** huevos chicos; **hug:** huevos grandes; **sab:** sábalo, **bog:** boga, **sbt:** sabalito; **dor:** dorado, **die:** dientudo, **cha:** chafalote; **moj:** mojarra, **arg:** armados grandes, **arc:** armados chicos, **sur:** surubi, **bag:** (bagre amarillo y blanco), **cuc:** cucharón, **ma:** manguruyú, **tro:** trompudo, **lor:** loricarias, **hom:** chupa chupa, **pat:** patí, **vir:** virolo, **anc:** anchoa, **cor:** corvina, **pej:** pejerrey, **cni:** characiformes no identificados, **sni:** siluriformes no identificados). **TT,** captura total. **n,** número de muestras.

**Tabla 2.** Densidades máximas ( $\delta_{max}$ ), medias ( $\delta_{med} \pm$  desvío estándar) ( $larvas.m^{-3}$ ) y frecuencia de ocurrencia (F.O. %) de las principales especies de interés comercial y deportivo, por localidad, en el río Uruguay, durante el período de muestreo 2014-2015.

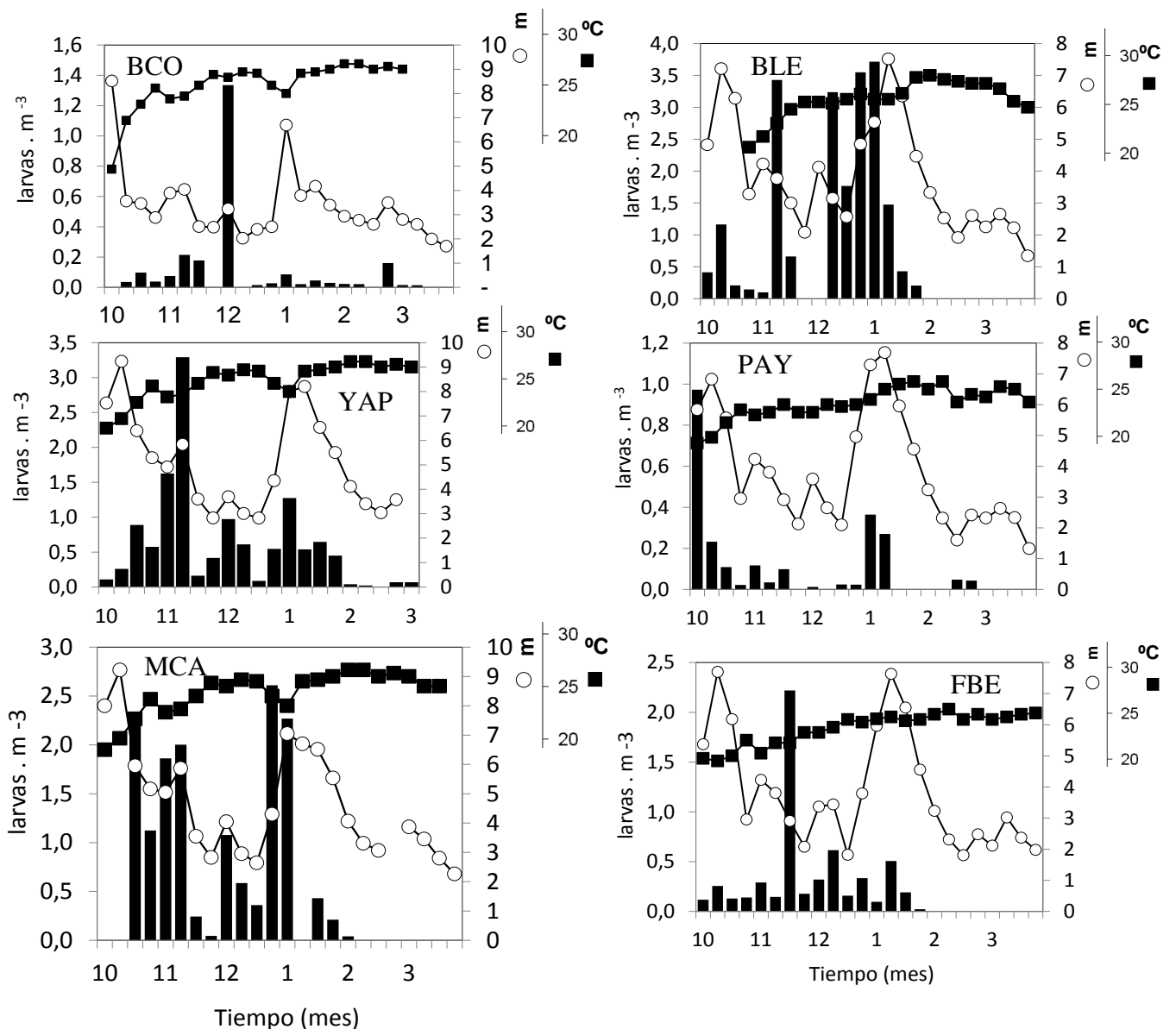
|                  |                | Sábalo         | Boga           | Dorado           | Surubí          | Armado          |
|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Barra Concepción | $\delta_{max}$ | 0,6            | 6,2            | 0,89             | 0,92            | 0,5             |
|                  | $\delta_{med}$ | <0,01          | 0,12 $\pm$ 0,6 | 0,02 $\pm$ 0,1   | 0,03 $\pm$ 0,1  | 0,02 $\pm$ 0,07 |
|                  | F.O.%          | 5,55           | 47,78          | 6,66             | 14,4            | 16,6            |
| Yapeyú           | $\delta_{max}$ | 12,5           | 8,8            | 0,17             | 0,79            | 1,3             |
|                  | $\delta_{med}$ | 0,3 $\pm$ 1,6  | 0,6 $\pm$ 1,2  | <0,01            | 0,04 $\pm$ 0,12 | 1,3 $\pm$ 2,1   |
|                  | F.O.%          | 26,6           | 81,3           | 10,9             | 28,1            | 68,8            |
| Monte Caseros    | $\delta_{max}$ | 1,4            | 5,2            | 0,67             | 0,78            | 17,2            |
|                  | $\delta_{med}$ | 0,1 $\pm$ 0,2  | 0,9 $\pm$ 1,3  | 0,03 $\pm$ 0,09  | 0,04 $\pm$ 0,1  | 1,7 $\pm$ 2,8   |
|                  | F.O.%          | 27,3           | 69,3           | 15,9             | 20,5            | 67,0            |
| Benito Legerén   | $\delta_{max}$ | 54,4           | 13,6           | 0,37             | 0,92            | 68,0            |
|                  | $\delta_{med}$ | 1 $\pm$ 6      | 0,9 $\pm$ 2,3  | 0,013 $\pm$ 0,06 | 0,03 $\pm$ 0,13 | 1,4 $\pm$ 7,5   |
|                  | F.O.%          | 27,4           | 45,2           | 7,1              | 14,3            | 44,0            |
| Paysandú         | $\delta_{max}$ | 1,8            | 3,3            | 0,08             | 0               | 1,7             |
|                  | $\delta_{med}$ | 0,05 $\pm$ 0,2 | 0,09 $\pm$ 0,4 | <0,01            | 0               | 0,09 $\pm$ 0,2  |
|                  | F.O.%          | 18,5           | 29,3           | 3,3              | 0               | 33,7            |
| Fray Bentos      | $\delta_{max}$ | 0,8            | 5,7            | 0,04             | 0,045           | 18,3            |
|                  | $\delta_{med}$ | 0,1 $\pm$ 0,2  | 0,2 $\pm$ 0,7  | <0,01            | <0,01           | 0,7 $\pm$ 2,4   |
|                  | F.O.%          | 31,1           | 54,1           | 6,8              | 1,4             | 39,32           |



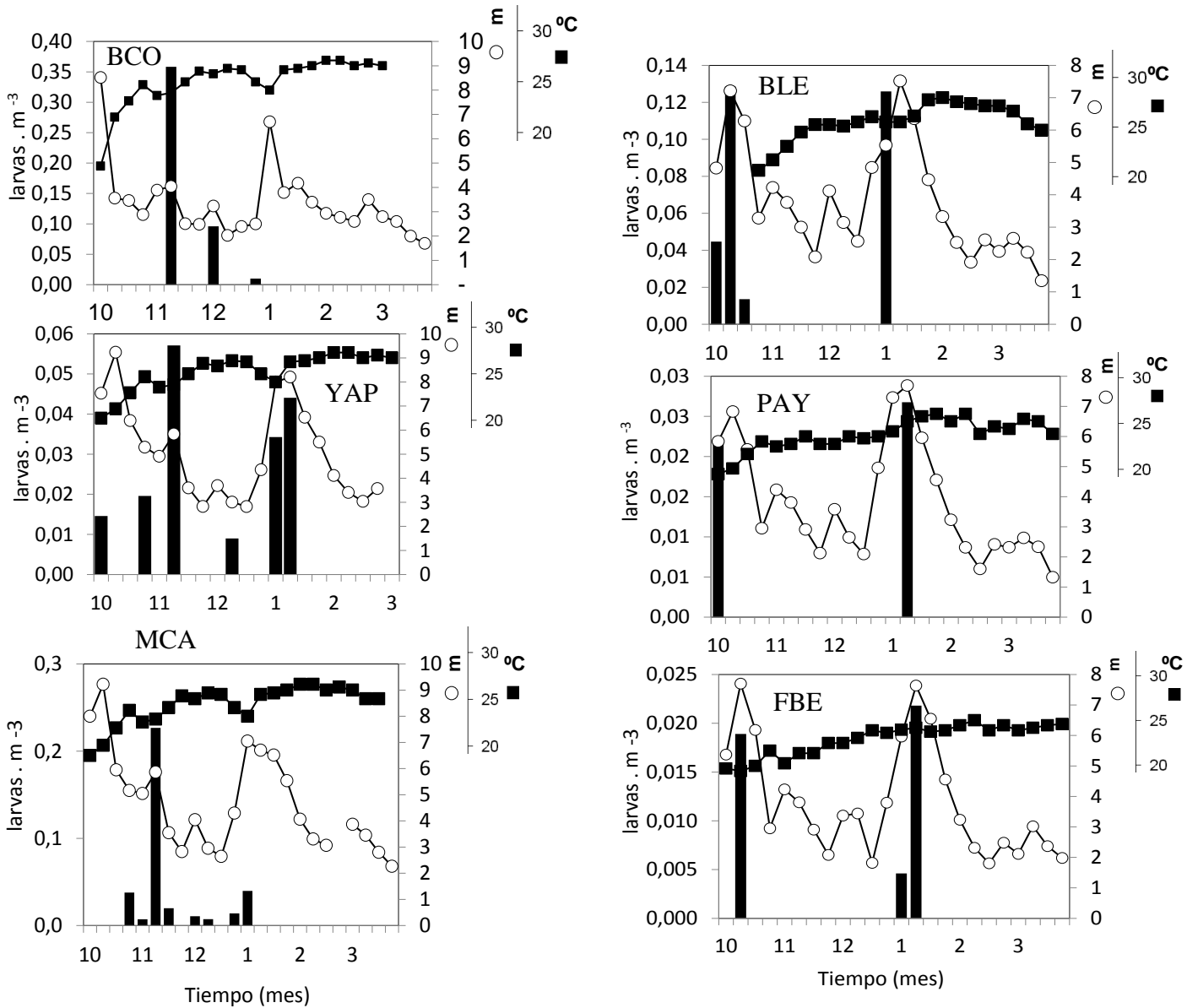
**Figura 6.** Variación temporal de la densidad de **huevo de peces** en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú y MCA-Monte Caseros) y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2014-marzo de 2015. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos grandes (1 negro) y chicos (2 gris) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.



**Figura 7.** Variación temporal de la densidad de larvas de *sábalo* en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú y MCA-Monte Caseros) y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2014-marzo de 2015. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.

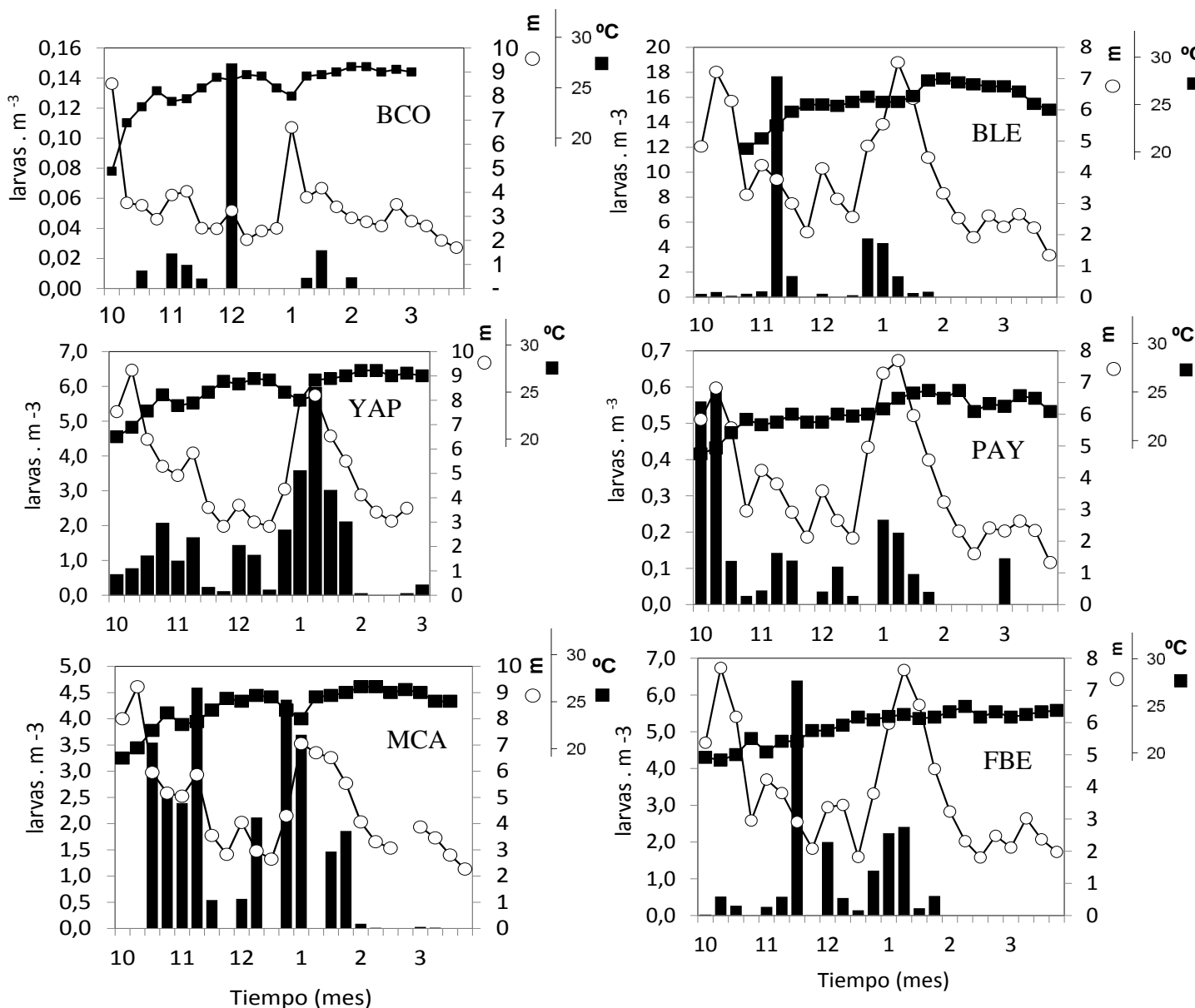
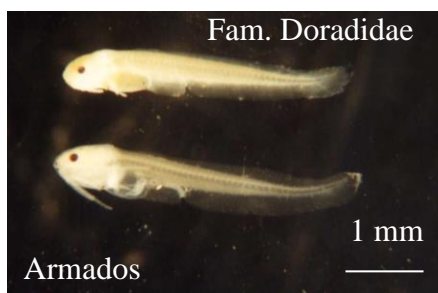


**Figura 8.** Variación temporal de la densidad de larvas de *boga* en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú y MCA-Monte Caseros) y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2014-marzo de 2015. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.

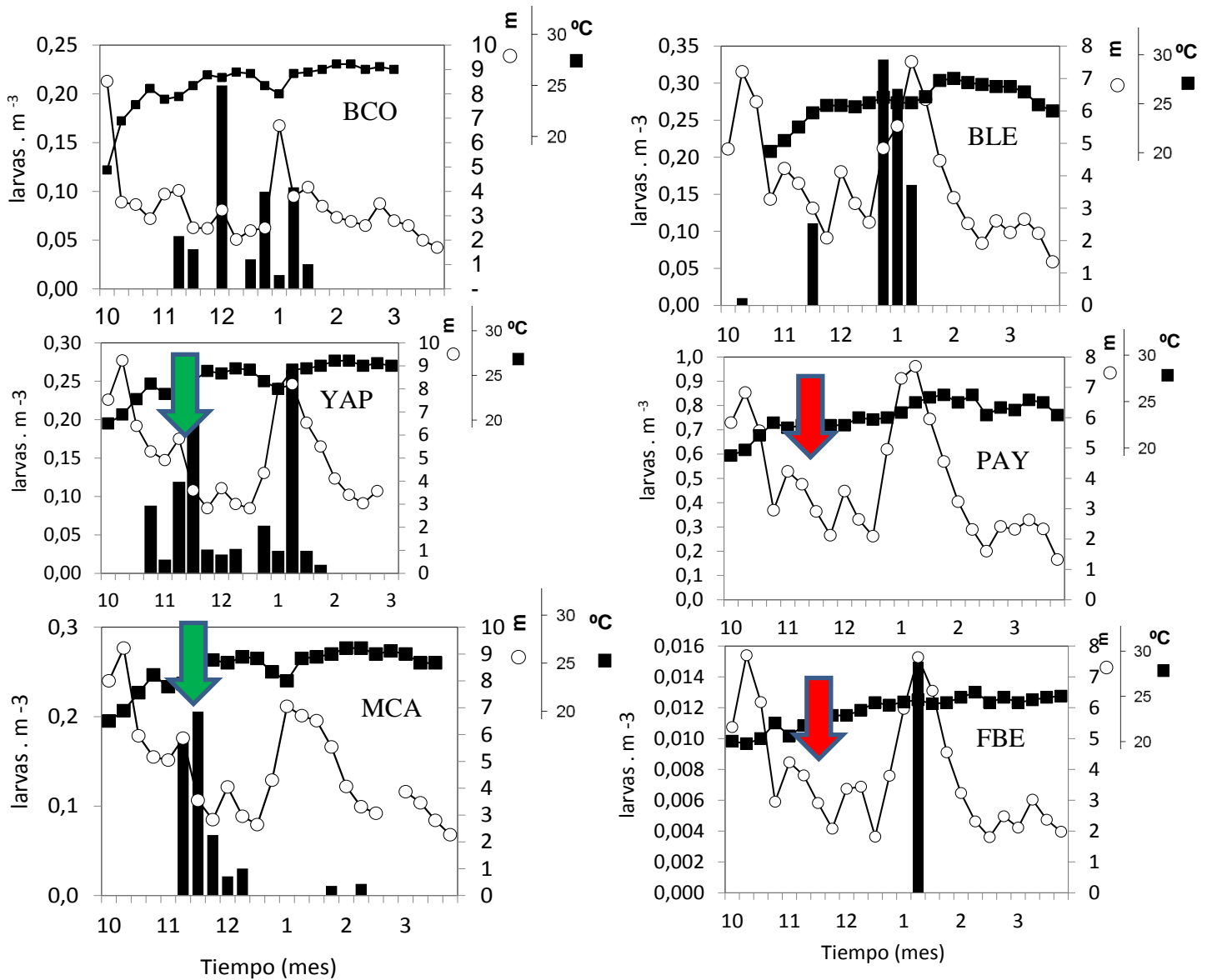
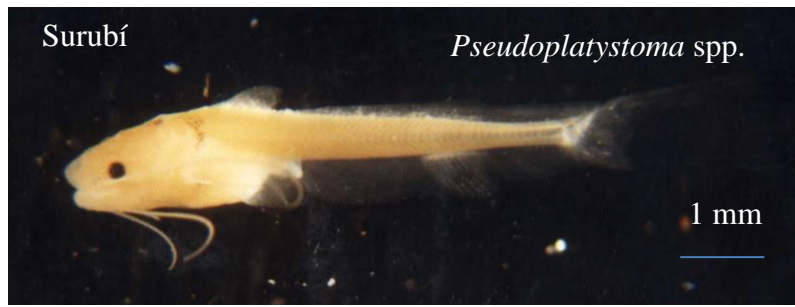


**Figura 9.** Variación temporal de la densidad de larvas de *dorado* en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú y MCA-Monte Caseros) y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2014-marzo de 2015. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.





**Figura 10.** Variación temporal de la densidad de larvas de *armado* en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú y MCA-Monte Caseros) y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2014-marzo de 2015. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.



**Figura 11.** Variación temporal de la densidad de larvas de *surubí* en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú y MCA-Monte Caseros) y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2014-marzo de 2015. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos. Las flechas verdes y rojas señalan diferencias conspicuas de ocurrencia.

#### 4.5. Composición del ictioplancton en el río Uruguay (2015-2016)

La composición del ictioplancton del río Uruguay en tres estaciones del río Uruguay medio (RUM) y en tres del río Uruguay Inferior (RUI) durante el período 2015-2016 se describe en la **Tabla 3**. En el período mencionado y agrupadas las estaciones, se capturaron 11.407 larvas (RUM: 4.432 y RUI: 6.975) y 1178 huevos de peces (RUM: 631 y RUI: 547). El ictioplancton durante este período estuvo mayormente compuesto por especies de peces pequeños residentes de caraciformes y de siluriformes de la familia *Pimelodinae* (bagres pequeños). El 50,8 % (RUM) y 60,6 % (RUI) fueron identificadas como larvas de Characiformes y Siluriformes residentes o de escaso rango migratorio, fundamentalmente larvas de las Subfamilias *Tetragonopterinae* (mojarras), *Curimatinae* (sabalitos), *Characinae* (dientudos) y *Pimelodinae* (bagres pequeños). Por otra parte, las especies migratorias como sábalo (*Prochilodus lineatus*), boga (*Leporinus obtusidens*), armados (Fam. Doradidae) y surubí (*Pseudoplatystoma* spp), entre otras constituyeron el 49,14 % (RUM) y 39,2 % (RUI) de las larvas. Las especies de linaje marino (anchoas y corvinas) sólo constituyeron el 0,01 % y el 0,14 % del total de la captura en el tramo medio e inferior del río Uruguay respectivamente.

Las larvas de peces migratorios estuvieron principalmente representados por los armados con un 28,8 % (RUM) y 21,3 (RUI), y seguidos por los sábalos y bogas los que alcanzaron un 9,4 % (RUM) y 4,8 (RUI), y un 8,7 % (RUM) y 12,3 (RUI) respectivamente. Los dorados con 0,5 % (RUM) y 0,2 % (RUM) y el surubí un 1 % (RUM) y 0,4 % (RUI) constituyeron una menor proporción de la captura.

#### 4.6. Densidades y ocurrencia anual de larvas de peces migratorios por especie y tramo durante el período 2015-2016

Las densidades medias y máximas, y la frecuencia de ocurrencia de larvas de sábalo, boga, dorado, armados y surubí en las secciones Media e Inferior del río Uruguay durante el período 2015-2016 se resumen en la **Tabla 4**.

Al igual que lo observado durante el período 2014-2015, el grupo con mayor densidad media para el período fue el armado (Fam. Doradidae), particularmente en la localidad Yapeyú en la Sección media y en Fray Bentos en la Inferior. Tanto para bogas como para sábalos la densidad media no superó las 0,2 larvas por metro cúbico en ninguna localidad de muestreo. Ambas especies alcanzaron frecuencias de ocurrencia que oscilaron entre el 10 y el 30% para el sábalo y entre el 30 y el 50% para la boga. Los surubíes y dorados, ocuparon el último lugar con densidades por debajo de las 0,02 larvas por metro cubico y ocurrencias anuales comprendidas entre el 3 y el 11 % para el dorado y entre 0 % y 14,7 % para surubí.

#### 4.7. Variación temporal del flujo de larvas de peces migratorios en el río Uruguay durante el período octubre de 2015-marzo de 2016

El río Uruguay durante el período 2015-2016, mostró condiciones de inundación extraordinaria particularmente durante la primavera y en parte del verano, lapso de 4 meses durante el cual la altura del río Uruguay presentó tres picos en los que los niveles hidrométricos superaron los 7 metros (octubre-noviembre de 2015) e incluso los 9 metros (fines de diciembre de 2015) a la altura de la ciudad de Colón (**Figuras 4, 12-17**). Estos pulsos de inundación estuvieron claramente asociados a los máximos flujos tanto de huevos de peces, como de larvas de peces migratorios de interés comercial y deportivo (**Figuras 12-17**). Por ejemplo, el flujo de larvas de sábalo y dorado se manifestó principalmente durante octubre con picos de densidades de alrededor de 0,75 larvas.m<sup>-3</sup> y 0,02 larvas.m<sup>-3</sup>

respectivamente. El flujo de larvas de bogas (densidad máxima:  $1.4 \text{ larvas.m}^{-3}$ ) y armados (densidad máxima:  $1.4 \text{ larvas.m}^{-3}$ ), se extendió hasta fines de enero, y descendió junto con las alturas del río. El surubí alcanzó bajas densidades ( $\sim 0,04 \text{ larvas.m}^{-3}$ ) con flujos que ocurrieron entre noviembre y diciembre de 2015. Tanto armados como surubíes, mostraron un ligero repunte en marzo de 2016.

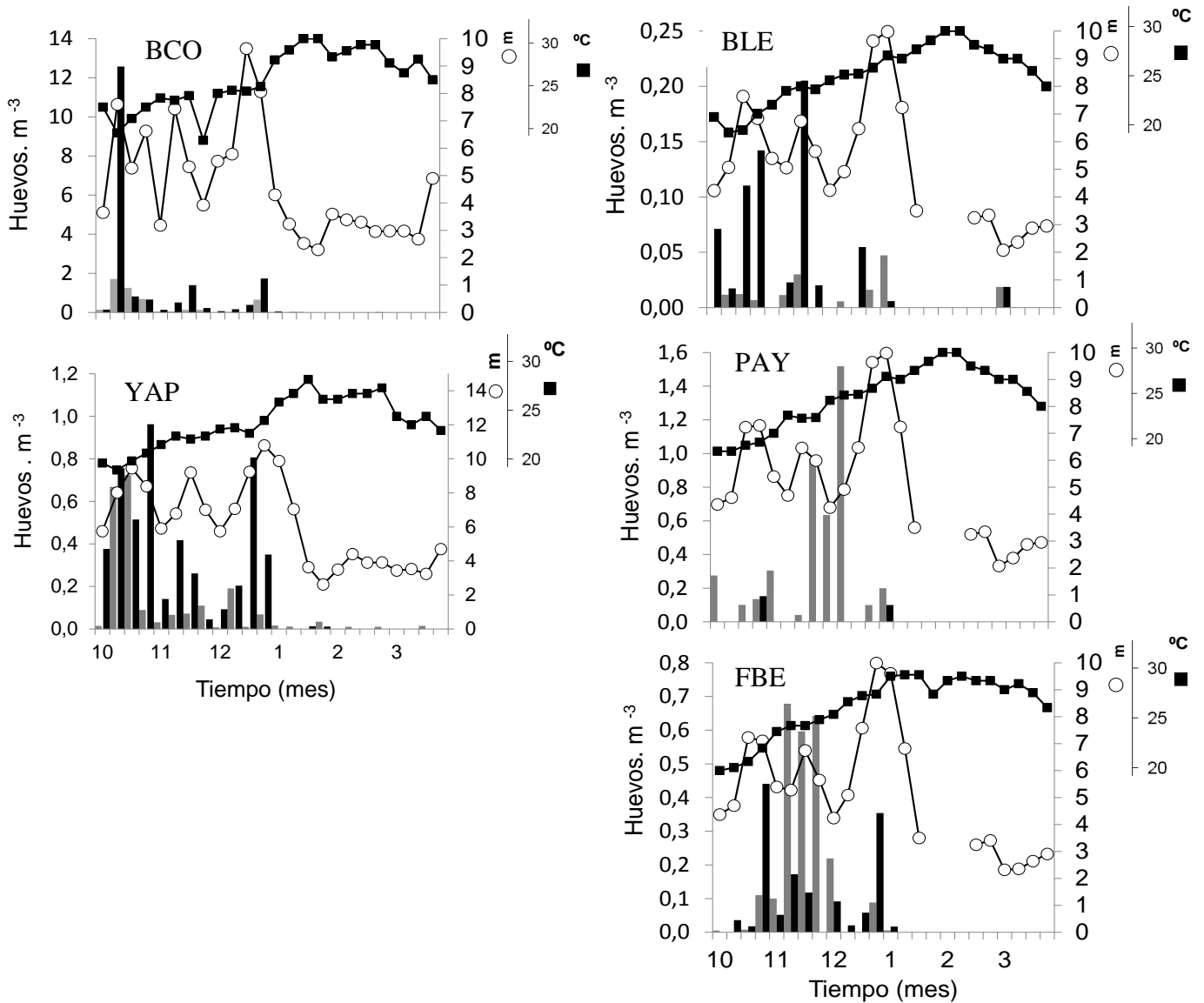
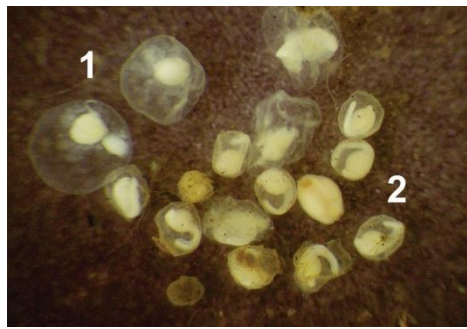
**Tabla 3.** Número (arriba) y porcentaje (% , abajo en *itálica*) de larvas de las especies y grupos de peces más comunes en el ictioplancton en cinco localidades de muestreo en el río Uruguay durante los períodos 2015-2016. Localidades de muestreo del tramo Medio e Inferior, en celeste y rosa respectivamente. Acrónimos de estaciones y especies a pie de página (\*).

|                    | Huc                | hug                | sáb                | bog                 | sbt                | dor               | die               | Cha              | moj                | arg                | arc                | sur               | cuc               | ma               | bag                | tro               | lor           | hom              | Pat           | vir               | anc               | cor               | pej           | Cni                | sni                | TT   |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|---------------|------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------------|--------------------|------|
| <b>BCO</b><br>n=85 | 130<br><i>16,3</i> | 167<br><i>21,0</i> | 33<br><i>4,15</i>  | 36<br><i>4,53</i>   | 0<br><i>0</i>      | 8<br><i>1,0</i>   | 0<br><i>0</i>     | 0<br><i>0</i>    | 104<br><i>13,1</i> | 13<br><i>1,63</i>  | 1<br><i>0,12</i>   | 17<br><i>2,14</i> | 4<br><i>0,5</i>   | 1<br><i>0,12</i> | 172<br><i>21,6</i> | 7<br><i>0,88</i>  | 0<br><i>0</i> | 0<br><i>0</i>    | 0<br><i>0</i> | 5<br><i>0,63</i>  | 0<br><i>0</i>     | 0<br><i>0</i>     | 0<br><i>0</i> | 11<br><i>1,38</i>  | 85<br><i>10,7</i>  | 794  |
| <b>YAP</b><br>n=72 | 105<br><i>5,65</i> | 233<br><i>12,5</i> | 386<br><i>20,8</i> | 417<br><i>22,4</i>  | 3<br><i>0,16</i>   | 17<br><i>0,91</i> | 10<br><i>0,53</i> | 0<br><i>0</i>    | 185<br><i>9,96</i> | 134<br><i>7,21</i> | 25<br><i>1,34</i>  | 20<br><i>1,07</i> | 12<br><i>0,64</i> | 8<br><i>0,43</i> | 143<br><i>7,7</i>  | 7<br><i>0,37</i>  | 0<br><i>0</i> | 1<br><i>0,05</i> | 0<br><i>0</i> | 13<br><i>0,7</i>  | 0<br><i>0</i>     | 7<br><i>0,37</i>  | 0<br><i>0</i> | 103<br><i>5,5</i>  | 27<br><i>1,45</i>  | 1856 |
| <b>BLE</b><br>n=75 | 22<br><i>0,62</i>  | 95<br><i>2,68</i>  | 141<br><i>3,98</i> | 596<br><i>16,83</i> | 832<br><i>23,5</i> | 9<br><i>0,25</i>  | 30<br><i>0,84</i> | 3<br><i>0,08</i> | 456<br><i>12,8</i> | 571<br><i>16,1</i> | 72<br><i>2,03</i>  | 22<br><i>0,62</i> | 6<br><i>0,16</i>  | 1<br><i>0,02</i> | 214<br><i>6,04</i> | 21<br><i>0,59</i> | 0<br><i>0</i> | 0<br><i>0</i>    | 0<br><i>0</i> | 52<br><i>1,46</i> | 48<br><i>1,35</i> | 29<br><i>0,82</i> | 0<br><i>0</i> | 164<br><i>4,63</i> | 157<br><i>4,43</i> | 3541 |
| <b>PAY</b><br>n=45 | 134<br><i>26,2</i> | 4<br><i>0,78</i>   | 7<br><i>1,36</i>   | 12<br><i>2,34</i>   | 31<br><i>6,05</i>  | 2<br><i>0,39</i>  | 7<br><i>1,36</i>  | 1<br><i>0,19</i> | 45<br><i>8,78</i>  | 17<br><i>3,32</i>  | 15<br><i>2,92</i>  | 0<br><i>0</i>     | 0<br><i>0</i>     | 0<br><i>0</i>    | 23<br><i>4,49</i>  | 2<br><i>0,39</i>  | 0<br><i>0</i> | 0<br><i>0</i>    | 0<br><i>0</i> | 30<br><i>5,85</i> | 23<br><i>4,49</i> | 3<br><i>0,58</i>  | 0<br><i>0</i> | 16<br><i>3,12</i>  | 140<br><i>27,3</i> | 512  |
| <b>FBE</b><br>n=76 | 183<br><i>4,62</i> | 115<br><i>2,90</i> | 193<br><i>4,87</i> | 249<br><i>6,29</i>  | 371<br><i>9,37</i> | 3<br><i>0,07</i>  | 28<br><i>0,7</i>  | 2<br><i>0,05</i> | 865<br><i>21,8</i> | 288<br><i>7,27</i> | 519<br><i>13,1</i> | 6<br><i>0,15</i>  | 4<br><i>0,10</i>  | 2<br><i>0,05</i> | 322<br><i>8,13</i> | 17<br><i>0,43</i> | 0<br><i>0</i> | 0<br><i>0</i>    | 0<br><i>0</i> | 30<br><i>0,75</i> | 66<br><i>1,66</i> | 43<br><i>1,08</i> | 0<br><i>0</i> | 43<br><i>1,08</i>  | 610<br><i>15,4</i> | 3959 |

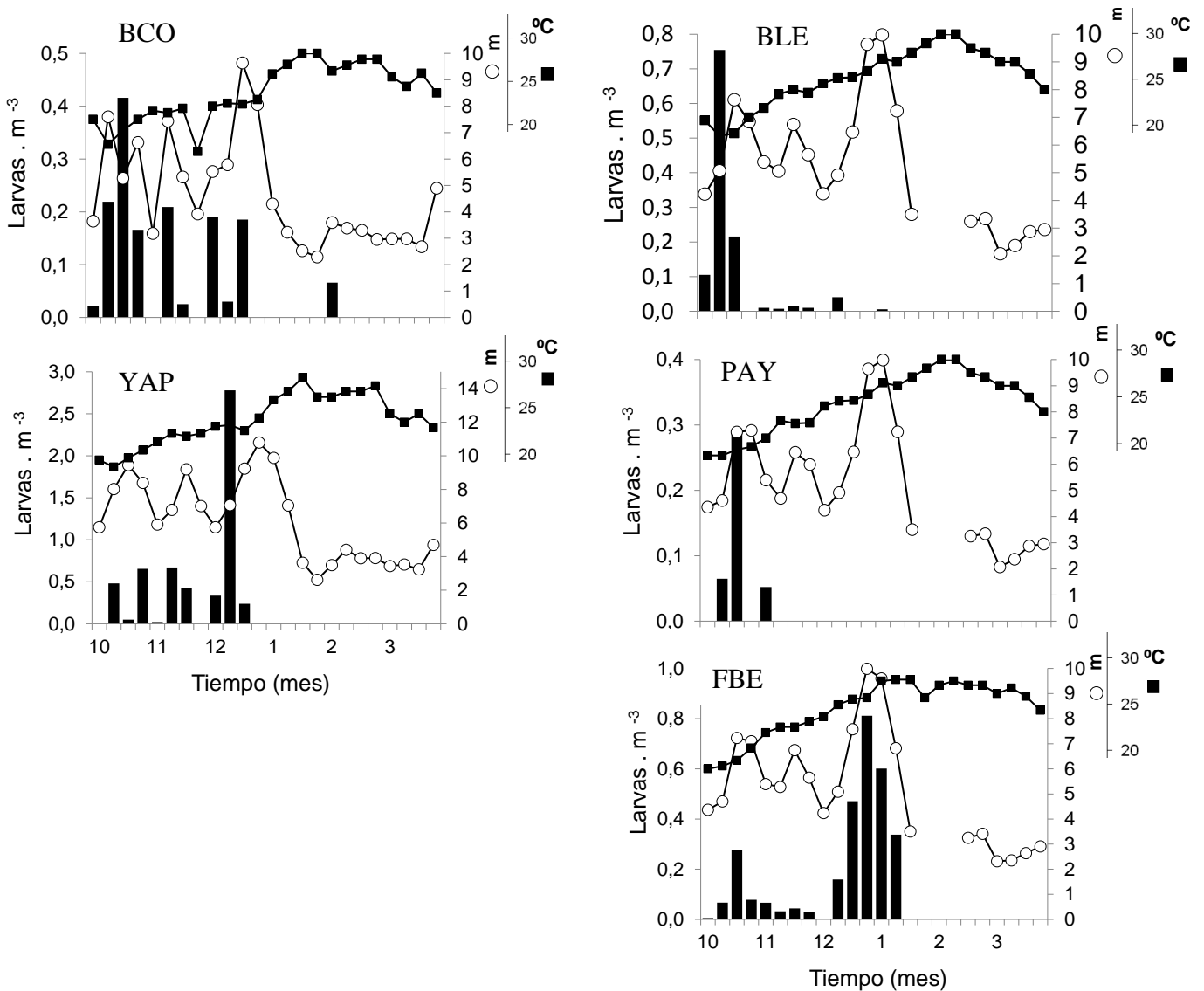
\* **BCO:** Barra Concepción (R.A.); **YAP:** Yapeyú (R.A); **BLE:** Benito Legerén (R.A.); **PAY:** Paysandú (R.O.U.); y **FBE:** Fray Bentos (R.O.U.) .durante los períodos 2011-2012 (**huc:** huevos chicos; **hug:** huevos grandes; **sab:** sábalo, **bog:** boga, **sbt:** sabalito; **dor:** dorado, **die:** dientudo, **cha:** chafalote; **moj:** mojarra, **arg:** armados grandes, **arc:** armados chicos, **sur:** surubi, **bag:** (bagre amarillo y blanco), **cuc:** cucharón, **ma:** manguruyú, **tro:** trompudo, **lor:** loricarias, **hom:** chupa chupa, **pat:** patí, **vir:** virolo, **anc:** anchoa, **cor:** corvina, **pej:** pejerrey, **cni:** characiformes no identificados, **sni:** siluriformes no identificados). **TT,** captura total. **n,** número de muestras.

**Tabla 4.** Densidades máximas ( $\delta_{max}$ ), medias ( $\delta_{med} \pm$  desvío estándar) (larvas.m<sup>-3</sup>) y frecuencia de ocurrencia (F.O. %) de las principales especies de interés comercial y deportivo, por localidad, en el río Uruguay durante el Período 2015-2016.

|                  |                | Sábalo  | Boga    | Dorado    | Surubí    | Armado  |
|------------------|----------------|---------|---------|-----------|-----------|---------|
| Barra Concepción | $\delta_{max}$ | 1,6     | 14,3    | 1,25      | 0,621     | 10,7    |
|                  | $\delta_{med}$ | 0,1±0,2 | 0,2±1,6 | 0,02±0,14 | <0,01     | 0,1±1,2 |
|                  | F.O.%          | 17,6    | 24,7    | 3,5       | 3,5       | 9,4     |
| Yapeyú           | $\delta_{max}$ | 7,7     | 3,0     | 0,15      | 0,42      | 11,6    |
|                  | $\delta_{med}$ | 0,2±1   | 0,2±0,5 | 0,01±0,03 | 0,02±0,06 | 0,7±1,8 |
|                  | F.O.%          | 29,2    | 66,7    | 11,1      | 13,9      | 54,2    |
| Benito Legerén   | $\delta_{max}$ | 1,1     | 1,5     | 0,082     | 0,110     | 1,9     |
|                  | $\delta_{med}$ | 0,1±0,2 | 0,2±0,3 | <0,01     | <0,01     | 0,2±0,3 |
|                  | F.O.%          | 26,7    | 64,0    | 6,7       | 14,7      | 53,3    |
| Paysandú         | $\Delta_{max}$ | 0,9     | 0,4     | 0,22      | 0,000     | 0,9     |
|                  | $\Delta_{med}$ | 0,0±0,2 | 0,1±0,1 | 0,01±0,04 | <0,001    | 0,1±0,2 |
|                  | F.O.%          | 13,8    | 37,9    | 6,9       | 0,0       | 44,8    |
| Fray Bentos      | $\delta_{max}$ | 1,5     | 0,9     | 0,02      | 0,177     | 5,9     |
|                  | $\delta_{med}$ | 0,1±    | 0,1±    | <0,01     | <0,01     | 0,5±1   |
|                  | F.O.%          | 38,2    | 53,9    | 3,9       | 7,9       | 5,3     |

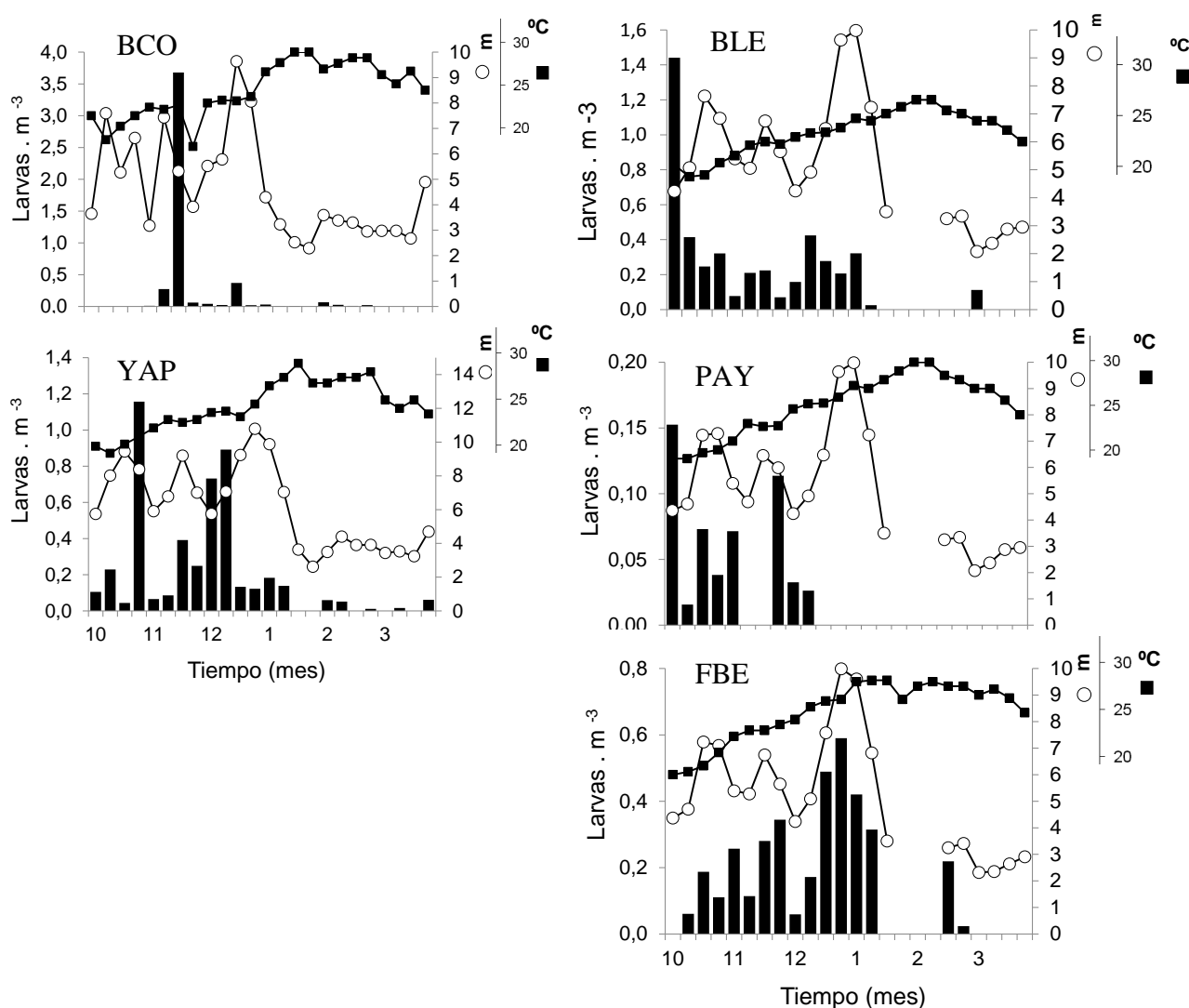


**Figura 12.** Variación temporal de la densidad de **huevos de peces** en dos localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción y YAP-Yapeyú, y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2015-marzo de 2016. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos grandes (1 negro) y chicos (2 gris) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico en Colón (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.

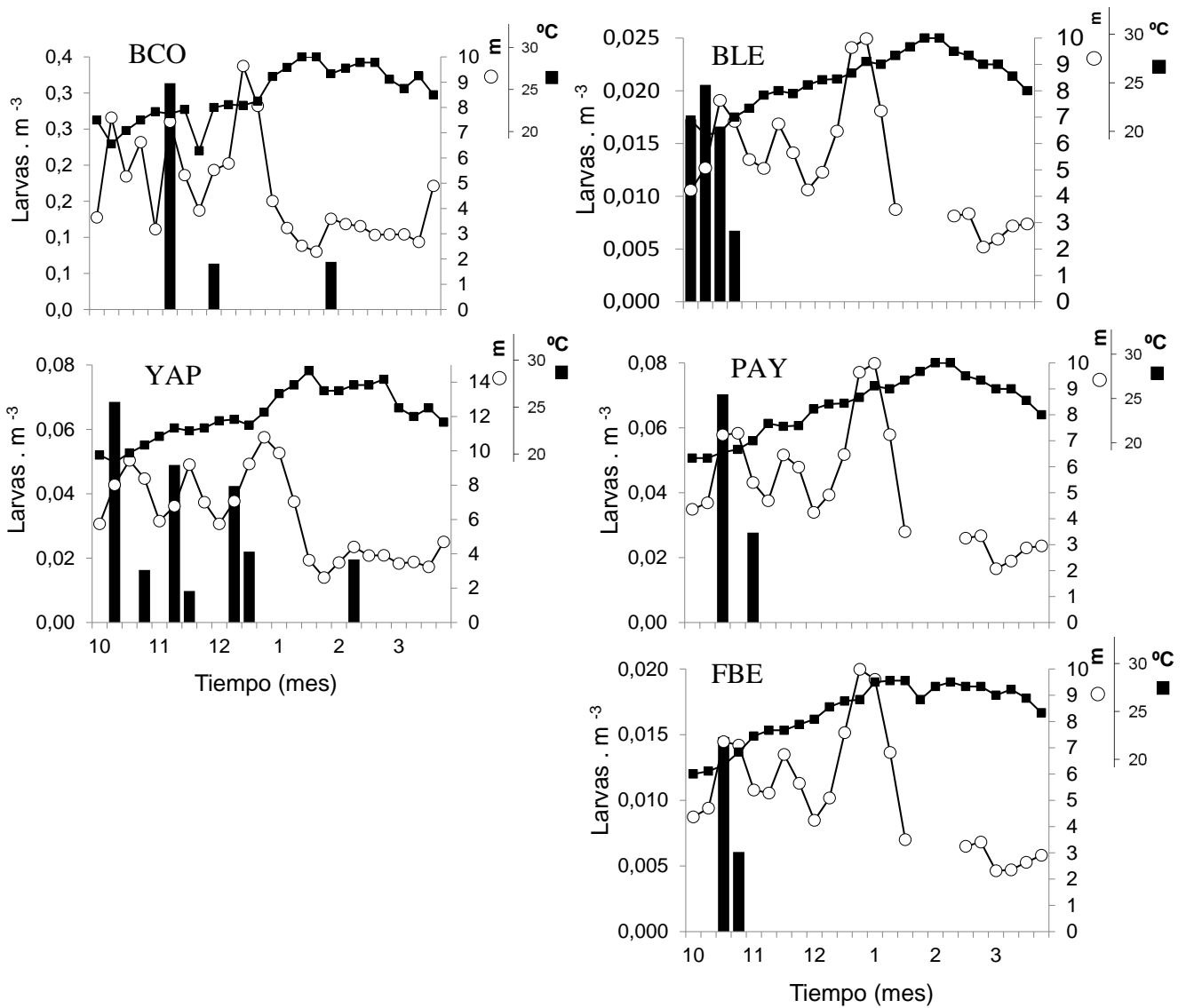


**Figura 13.** Variación temporal de la densidad de larvas de sábalo en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú, y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2015-marzo de 2016. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.

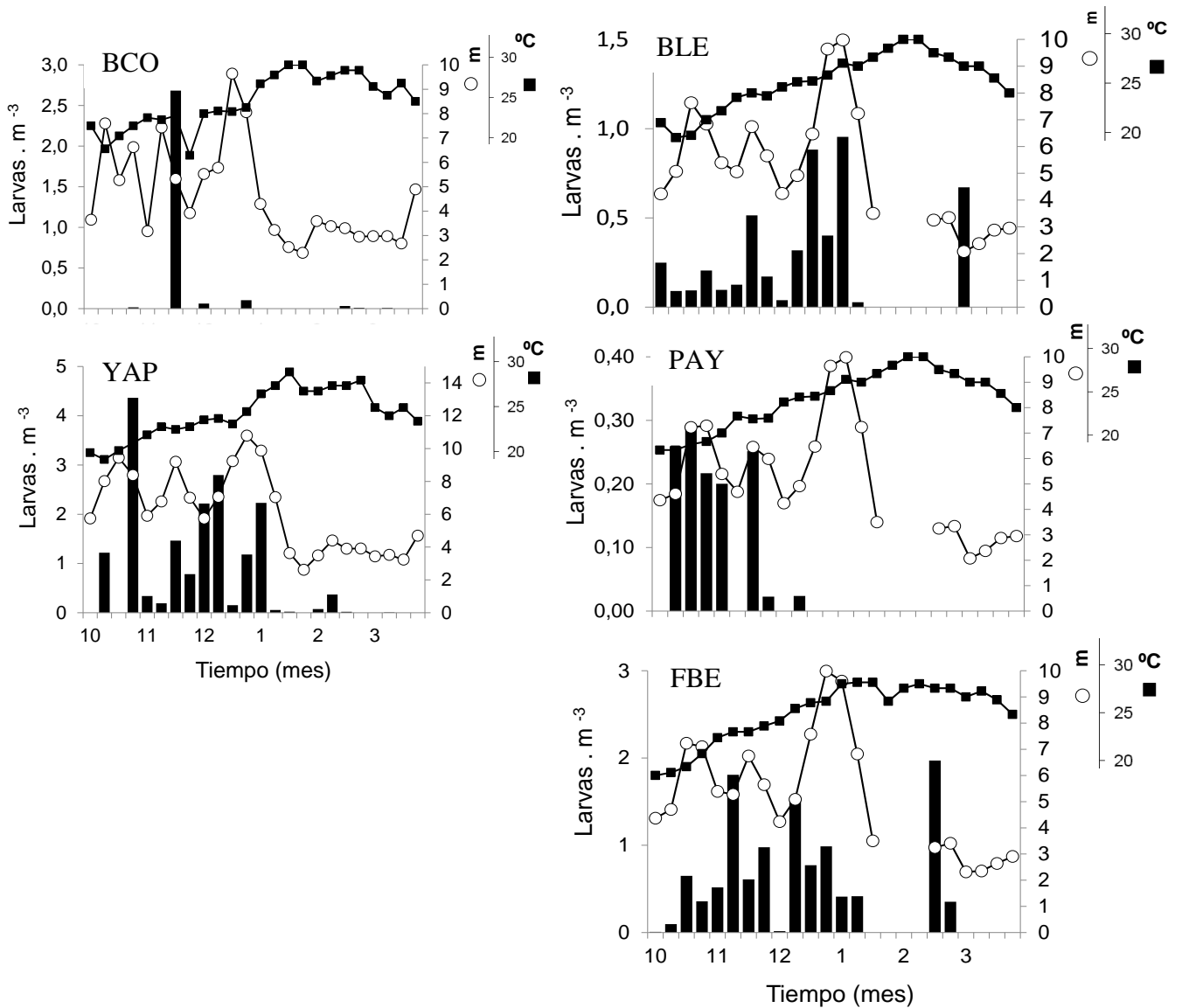
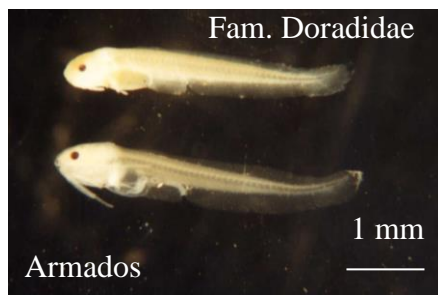




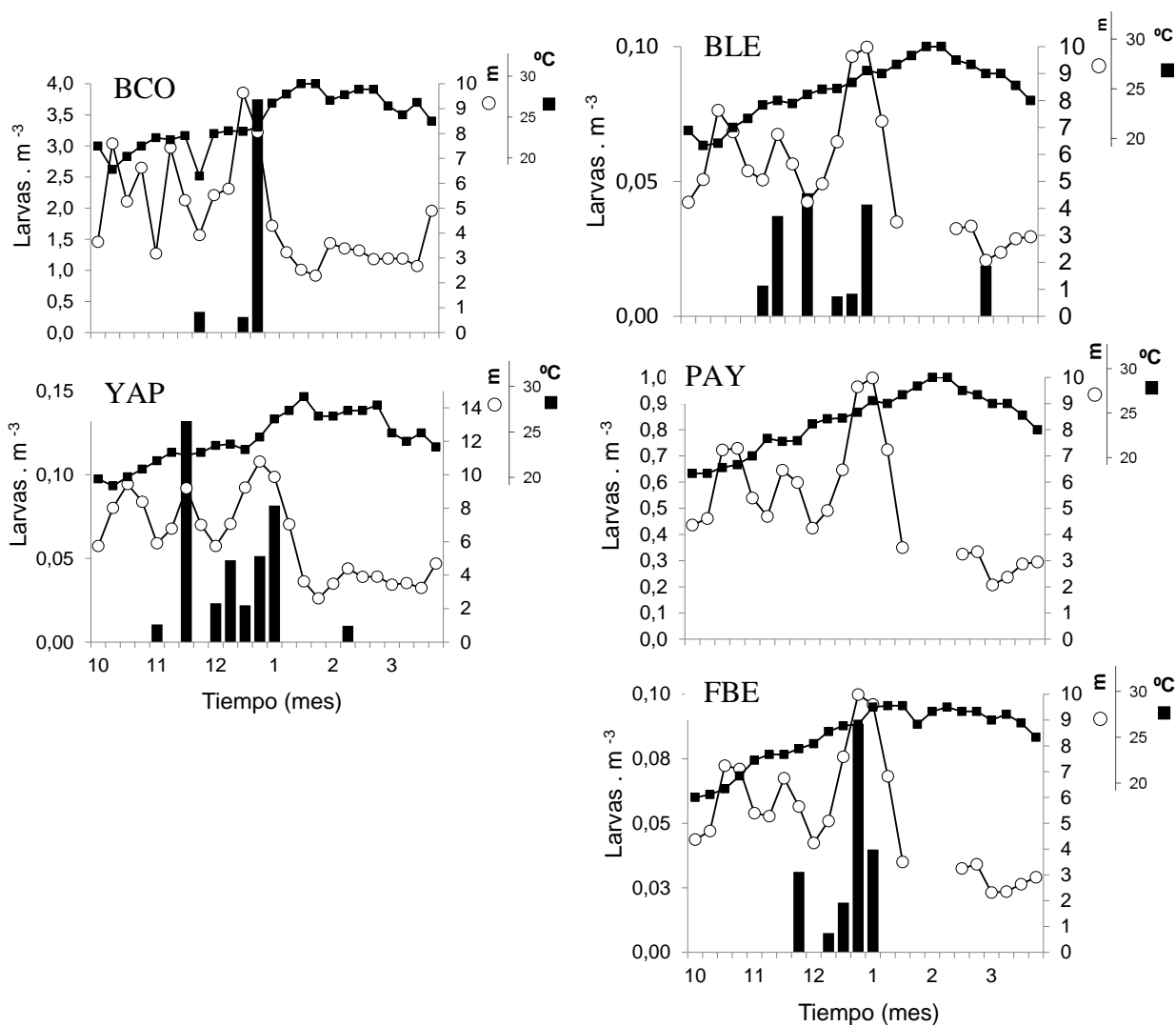
**Figura 14.** Variación temporal de la densidad de larvas de *boga* en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú, y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2015-marzo de 2016. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.



**Figura 15.** Variación temporal de la densidad de larvas de *dorado* en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú, y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2015-marzo de 2016. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.



**Figura 16.** Variación temporal de la densidad de larvas de *armado* en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción, YAP-Yapeyú, y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2015-marzo de 2016. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.



**Figura 17.** Variación temporal de la densidad de larvas de *surubí* en tres localidades del tramo medio (columna izquierda, BCO-Barra Concepción y YAP-Yapeyú, y en tres del tramo inferior (columna derecha, BLE-Benito Legerén, PAY-Paysandú y FBE-Fray Bentos) del río Uruguay durante el período comprendido entre octubre de 2015-marzo de 2016. En los paneles se consigna: con barras verticales la densidad de huevos pequeños (gris) y grandes (negro) (eje izquierdo), el nivel hidrométrico (círculos blancos, eje derecho) y la temperatura del agua media semanal (cuadrados negros, segundo eje derecho) en ambos tramos.

#### 4.8. Variación temporal del flujo de larvas en el Río Paraná. Período 2014-2015

Durante el período 2014-2015 en el río Paraná se detectaron a grandes rasgos tres pulsos de deriva de larvas: uno en primavera en octubre, un segundo pico en verano fundamentalmente entre diciembre y comienzos de enero, y un tercero a fines del verano de menor importancia, que mayormente transcurrió durante febrero y marzo de 2015. Las mayores densidades medias y máximas de larvas se registraron para el armado, las cuales fueron seguidas en orden de importancia por las de sábalos, bogas, surubíes y finalmente los dorados (**Tabla 5**).

En los tres casos, los pulsos de deriva estuvieron asociados a incrementos moderados de las alturas del río de entre 3 y 4 metros a la altura de la localidad de Paraná (**Figs. 18-23**). La mayor parte del flujo de huevos correspondió a los de mayor tamaño. Estos ocurrieron en primavera (octubre-noviembre) y en verano (enero), y tuvieron lugar fundamentalmente en Hernandarias y Paraná. La presencia de huevos fue más reducida en Rosario, en donde las densidades de huevos fueron alrededor de un orden de magnitud menor a las observadas en Paraná y Hernandarias. En las tres estaciones no se detectaron huevos con posterioridad a febrero de 2015 (**Figura 18**).

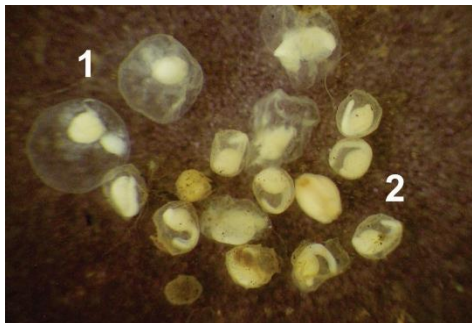
En octubre los sábalos mostraron densidades elevadas con picos máximos de 2 larvas.m<sup>-3</sup> en Hernandarias, de entre 10 y 20 larvas.m<sup>-3</sup> en Paraná, y 20 a 40 larvas.m<sup>-3</sup> en Rosario (**Figura 19**). El pico de abundancia de larvas de sábalo en marzo estuvo bien representado en Hernandarias y Paraná, pero escasamente en Rosario.

El flujo de larvas de boga fue casi continuo entre octubre y enero, aunque se evidenciaron dos picos mayores, uno de primavera con 6 larvas.m<sup>-3</sup> en Hernandarias, 4 larvas.m<sup>-3</sup> en Paraná y 5 larvas.m<sup>-3</sup> en Rosario y otro de verano, con 6 larvas.m<sup>-3</sup> en Hernandarias, 10 larvas.m<sup>-3</sup> en Paraná y 20 larvas.m<sup>-3</sup> en Rosario; durante el verano tardío las densidades fueron más bajas (1 larvas.m<sup>-3</sup> o menos) para las tres estaciones (**Figura 20**).

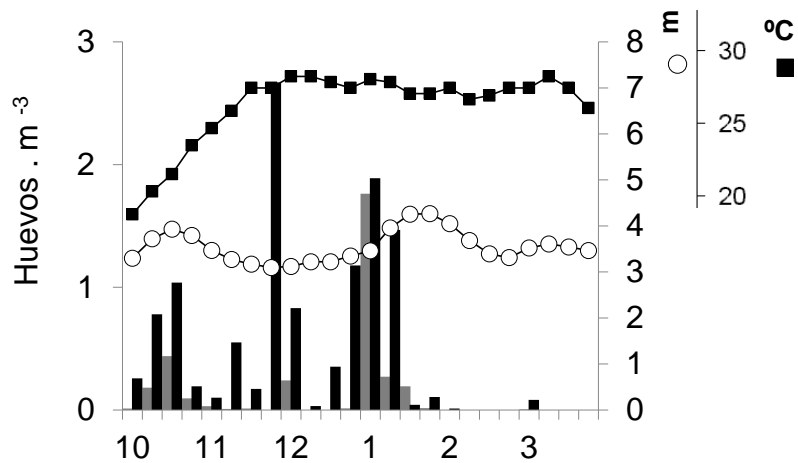
La abundancia de larvas de dorado presentó una dinámica similar a la de la boga, aunque lógicamente, la misma alcanzó mucha menor densidad (usualmente por debajo de 0,1 larvas.m<sup>-3</sup>) y frecuencia de ocurrencia (**Figura 21**). Para los siluriformes (surubí y armado) el pico del flujo de larvas ocurrió en los tres pulsos de deriva arriba descritos aunque para ambos casos fue más pronunciado en enero de 2015 con valores de densidad de 0,5 larvas.m<sup>-3</sup> en Hernandarias, 1 larvas.m<sup>-3</sup> en Paraná y 3 larvas.m<sup>-3</sup> en Rosario para el surubí, y de 16 larvas.m<sup>-3</sup> en Hernandarias, 35 larvas.m<sup>-3</sup> en Paraná y 80 larvas.m<sup>-3</sup> en Rosario para los armados (**Figuras 22-23**).

**Tabla 5.** Densidades máximas ( $\delta_{max}$ ) y medias ( $\delta_{med} \pm$  desvío estándar) (larvas.m<sup>-3</sup>) de las principales especies de interés comercial y deportivo, por localidad, en el río Paraná, durante el período de muestreo 2014-2015.

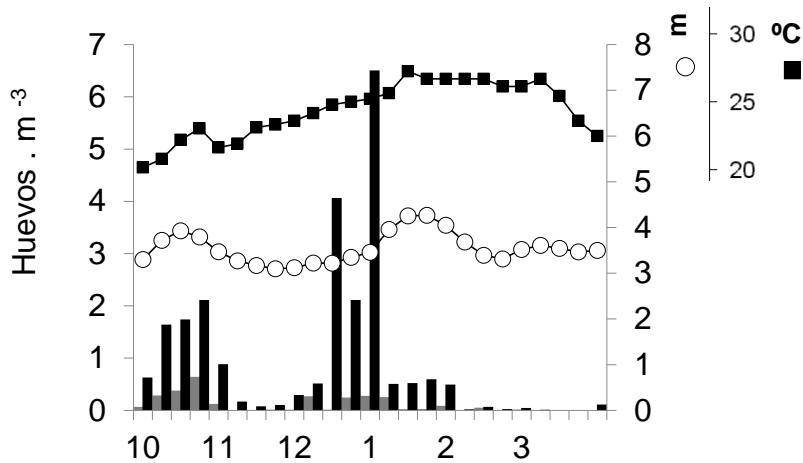
|              |                | Sábalo    | Boga    | Dorado    | Surubí    | Armado    |
|--------------|----------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Hernandarias | $\delta_{max}$ | 4,1       | 13,0    | 0,17      | 0,96      | 38,2      |
|              | $\delta_{med}$ | 0,8±1,0   | 2±2,5   | <0,01     | 0,09±0,2  | 3,6±6,1   |
|              | F.O.%          | 86,1      | 93,4    | 3,3       | 42,9      | 78,0      |
| Paraná       | $\delta_{max}$ | 53,2      | 25,1    | 0,14      | 3,28      | 53,3      |
|              | $\delta_{med}$ | 4,3±8,6   | 3,4±4,8 | <0,01     | 0,34±0,62 | 6,1±10,4  |
|              | F.O.%          | 97,8      | 94,4    | 4,5       | 73        | 84,3      |
| Rosario      | $\delta_{max}$ | 102,3     | 34,5    | 0,22      | 4,03      | 133,0     |
|              | $\delta_{med}$ | 17,4±26,0 | 5,9±7,9 | 0,01±0,04 | 0,45±0,87 | 20,3±28,4 |
|              | F.O.%          | 97,8      | 83,5    | 14,3      | 54,9      | 95,6      |



Hernandarias



Paraná



Rosario

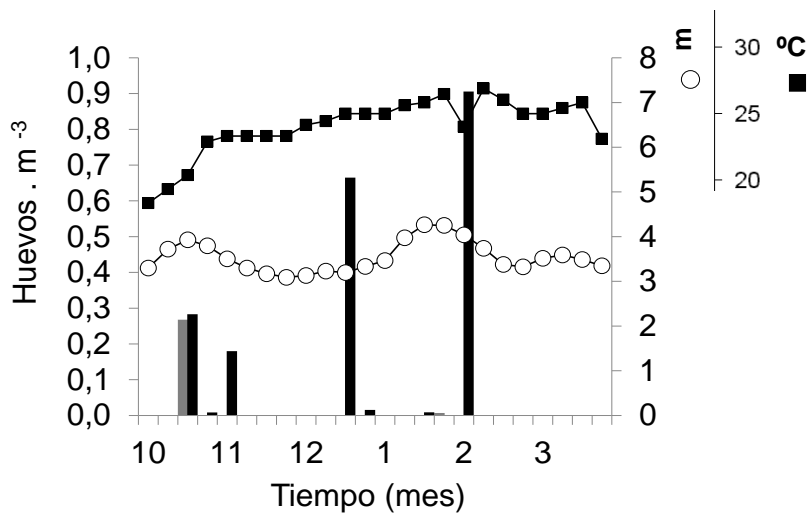
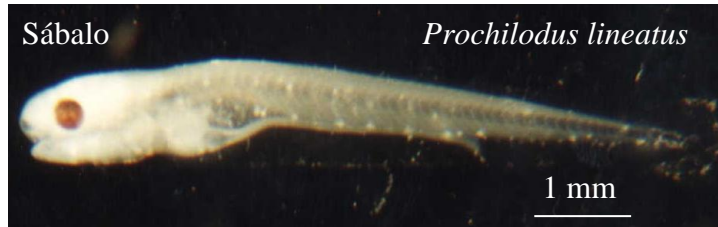
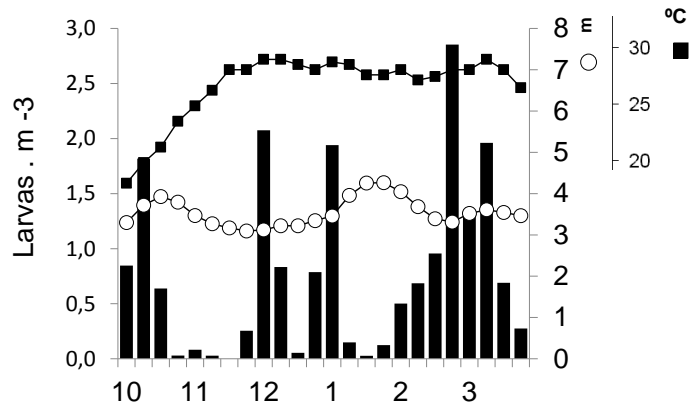


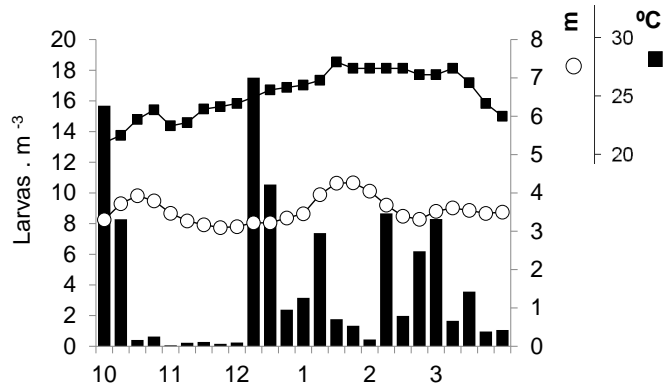
Figura 18. Variación temporal de la densidad de **huevos de peces** (barras negras huevos grandes y grises huevos pequeños) en el río Paraná, durante el período 2014-2015.



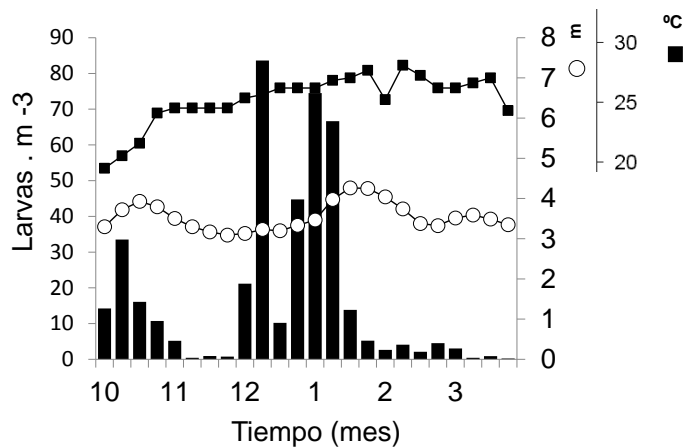
Hernandarias



Paraná



Rosario

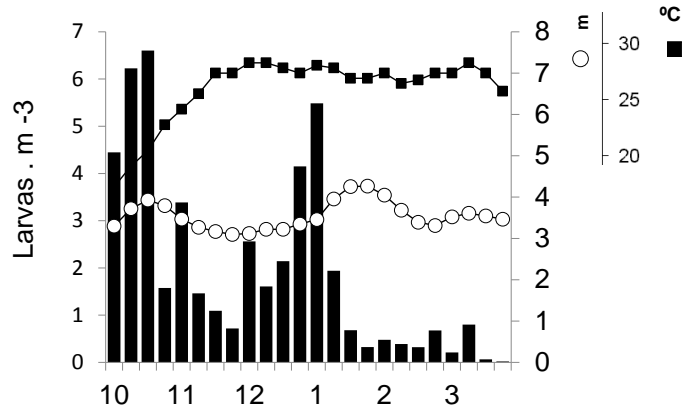


**Figura 19.** Variación temporal de la densidad de larvas de sábalo en el río Paraná, durante el período 2014-2015.

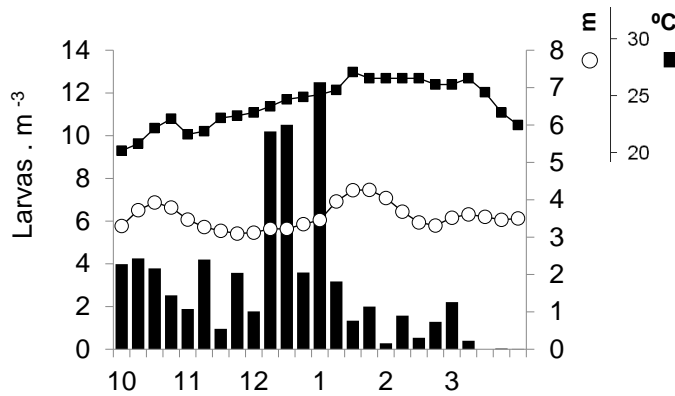




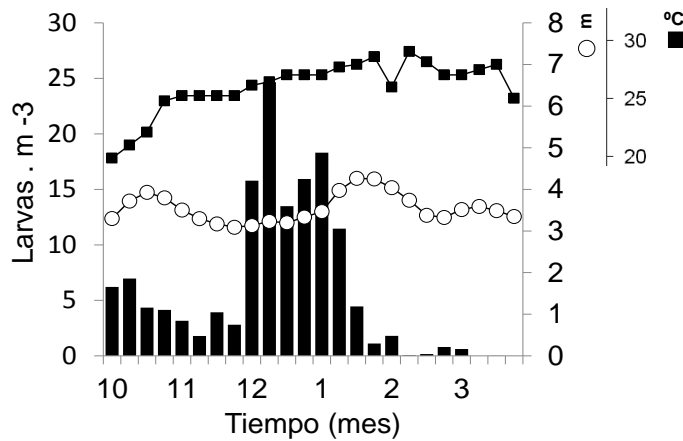
Hernandarias



Paraná



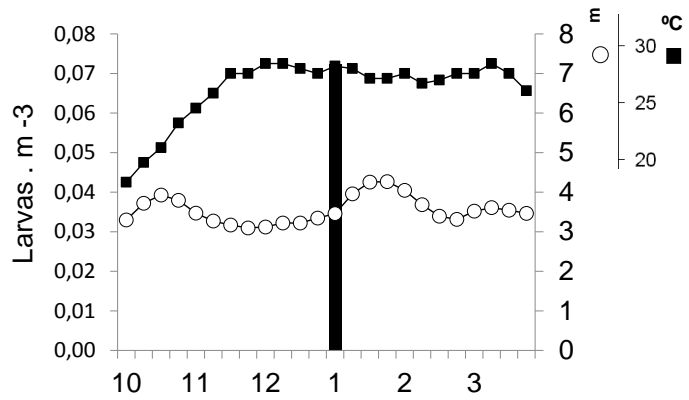
Rosario



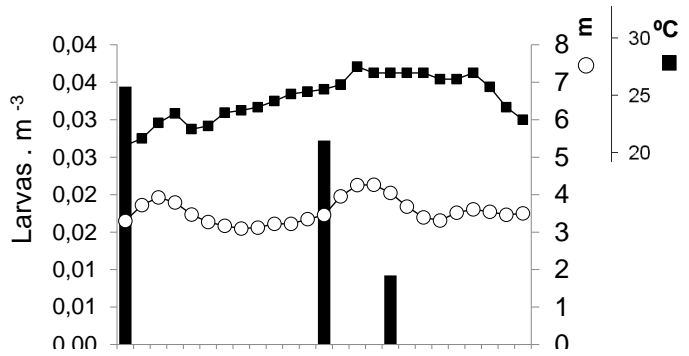
**Figura 20.** Variación temporal de la densidad de larvas de **boga** en el río Paraná, durante el período 2014-2015.



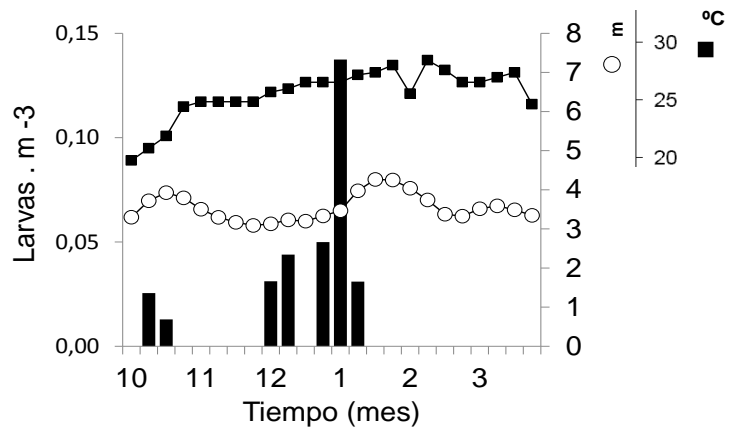
Hernandarias



Paraná



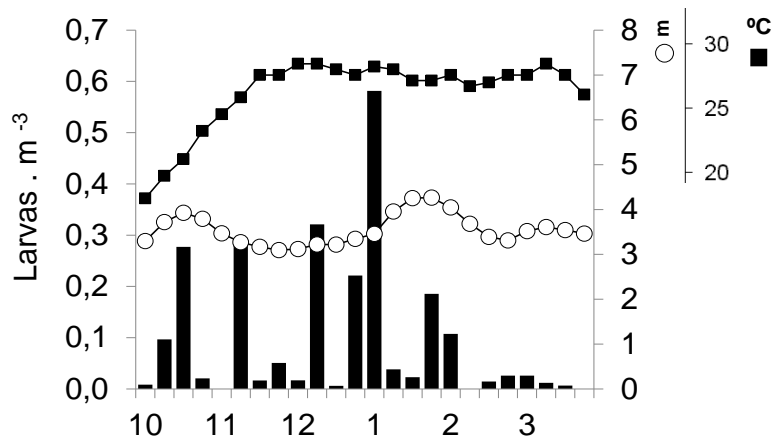
Rosario



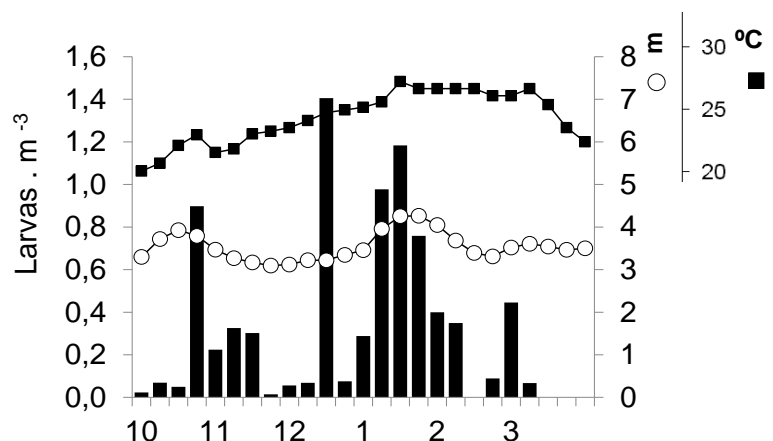
**Figura 21.** Variación temporal de la densidad de larvas de *dorado* en el río Paraná, durante el período 2014-2015.



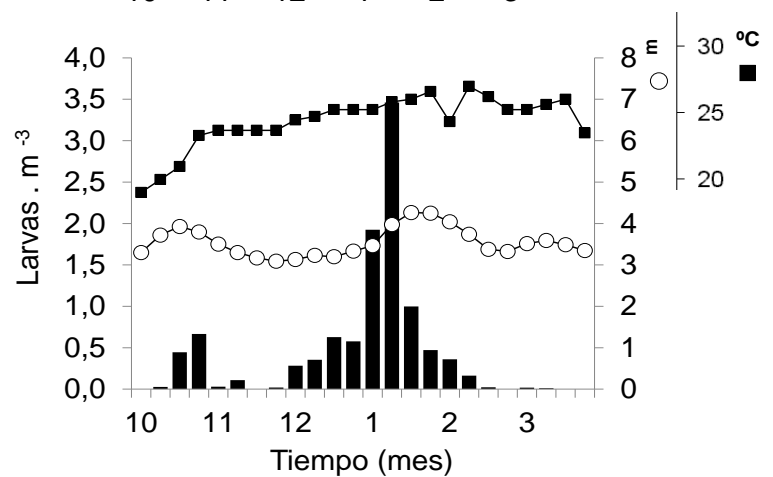
Hernandarias



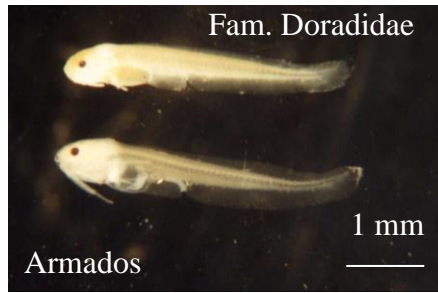
Paraná



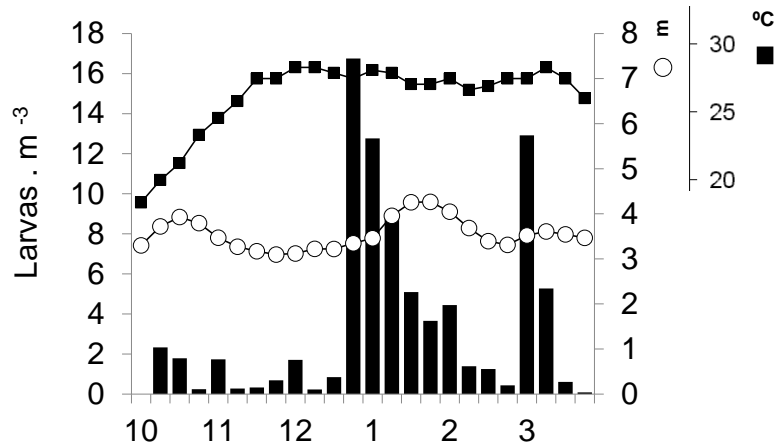
Rosario



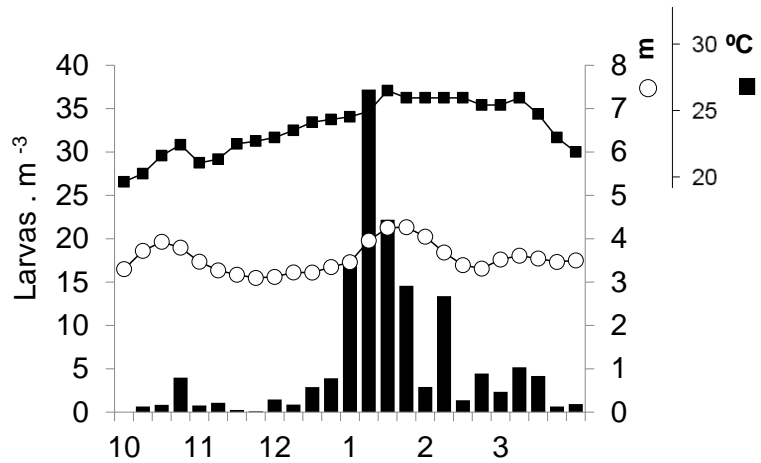
**Figura 22.** Variación temporal de la densidad de larvas de *surubí* en el río Paraná, durante el período 2014-2015.



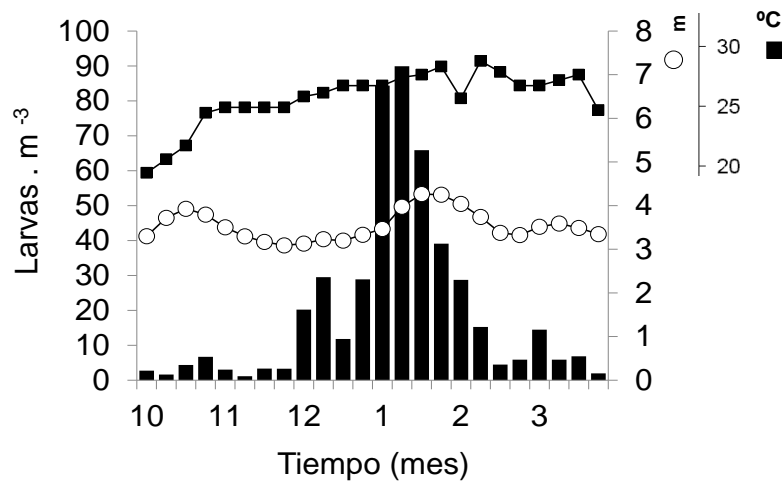
Hernandarias



Paraná



Rosario



**Figura 23.** Variación temporal de la densidad de larvas de armado en el río Paraná, a la altura de la ciudad de Paraná durante el período 2014-2015.

#### 4.9. Variación temporal del flujo de larvas en el Río Paraná. Período 2015-2016.

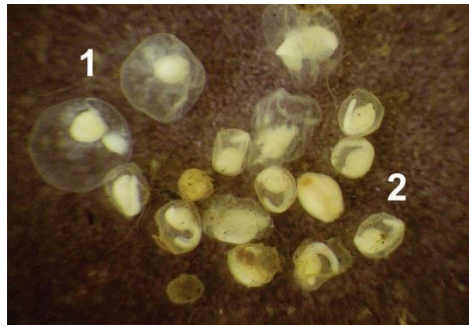
El flujo de larvas en la deriva del río Paraná ocurrió en asociación con un período de inundación extraordinaria que se inició con un incremento gradual de las alturas del río desde los 2,5 metros en octubre hasta los 5,5 metros en diciembre de 2015 para luego sostenerse por arriba de los 5 metros hasta marzo de 2016 (**Figuras 24-29**). Los pulsos reproductivos ocurrieron con temperaturas entre 21 y 26 °C.

La actividad reproductiva fue intensa lo cual se evidenció particularmente por una alta frecuencia de ocurrencia de huevos de peces; la mayor parte de estos fue de tamaño considerable, dándose las mayores densidades en Hernandarias y Paraná con picos de 2 y 7 huevos por metro cúbico en diciembre de 2015. Nuevamente, al igual a lo observado para el período 2014-2015, la abundancia de huevos a la altura de Rosario fue sensiblemente menor (**Figura 24**).

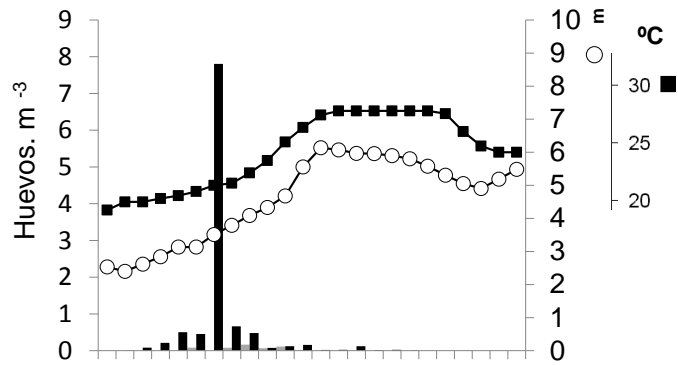
En general, la actividad reproductiva y el consiguiente flujo de larvas, estuvo concentrado durante el ascenso inicial de las aguas entre octubre y diciembre. En verano las densidades de larvas fueron más reducidas (**Figuras 25-29**). Los valores de densidad de larvas de sábalo fueron altos especialmente a fines de octubre y durante noviembre de 2015, con picos de densidad de alrededor de 1,5 larvas.m<sup>-3</sup>, 80 larvas.m<sup>-3</sup> y 50 larvas.m<sup>-3</sup> en Hernandarias, Paraná y Rosario respectivamente; las mismas localidades alcanzaron picos de densidad de 5 larvas.m<sup>-3</sup>, 12 larvas.m<sup>-3</sup> y 16 larvas.m<sup>-3</sup> para la boga. Las larvas de dorado fueron mucho más escasas y se registraron fundamentalmente en octubre de 2015, con densidades de alrededor de 0,012 larvas.m<sup>-3</sup>, 0,03 larvas.m<sup>-3</sup>, y 0,4 larvas.m<sup>-3</sup>, en Hernandarias, Paraná y Rosario respectivamente (**Tabla 6**).

**Tabla 6.** Densidades máximas ( $\delta_{max}$ ) y medias ( $\delta_{med} \pm$  desvío estándar) (larvas.m<sup>-3</sup>) de las principales especies de interés comercial y deportivo, por localidad, en el río Paraná, durante el período de muestreo 2015-2016.

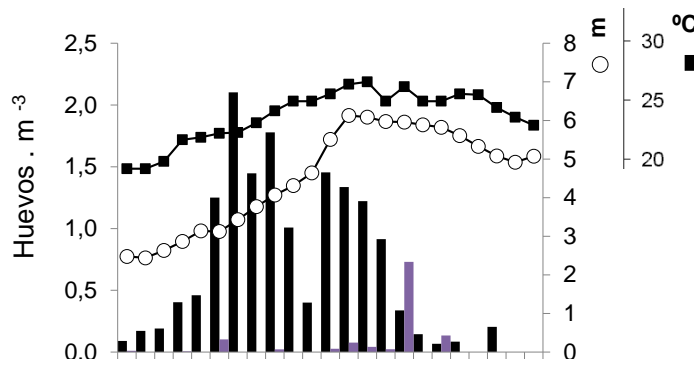
|              |                | Sábalo   | Boga    | Dorado     | Surubí     | Armado    |
|--------------|----------------|----------|---------|------------|------------|-----------|
| Hernandarias | $\delta_{max}$ | 3,3      | 10,7    | 0,05       | 0,891      | 3,6       |
|              | $\delta_{med}$ | 0,2±0,4  | 0,7±1,5 | 0,001±0,01 | 0,014±0,09 | 0,2±0,4   |
|              | F.O.%          | 56,5     | 75,0    | 3,3        | 6,5        | 59,8      |
| Paraná       | $\delta_{max}$ | 176,2    | 21,2    | 0,076      | 1,325      | 23,6      |
|              | $\delta_{med}$ | 6,6±26,9 | 1,9±3,5 | 0,003±0,01 | 0,093±0,23 | 3,0±5     |
|              | F.O.%          | 80,5     | 79,3    | 8,5        | 39,0       | 76,8      |
| Rosario      | $\delta_{max}$ | 196,6    | 36,0    | 0,927      | 3,859      | 74,8      |
|              | $\delta_{med}$ | 8,1±21,9 | 4,0±5,8 | 0,047±0,14 | 0,355±0,82 | 10,1±13,9 |
|              | F.O.%          | 86,7     | 80,0    | 15,6       | 31,1       | 76,7      |



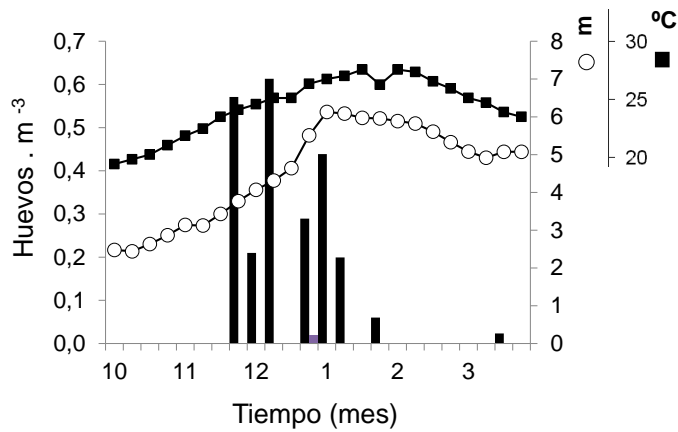
Hernandarias



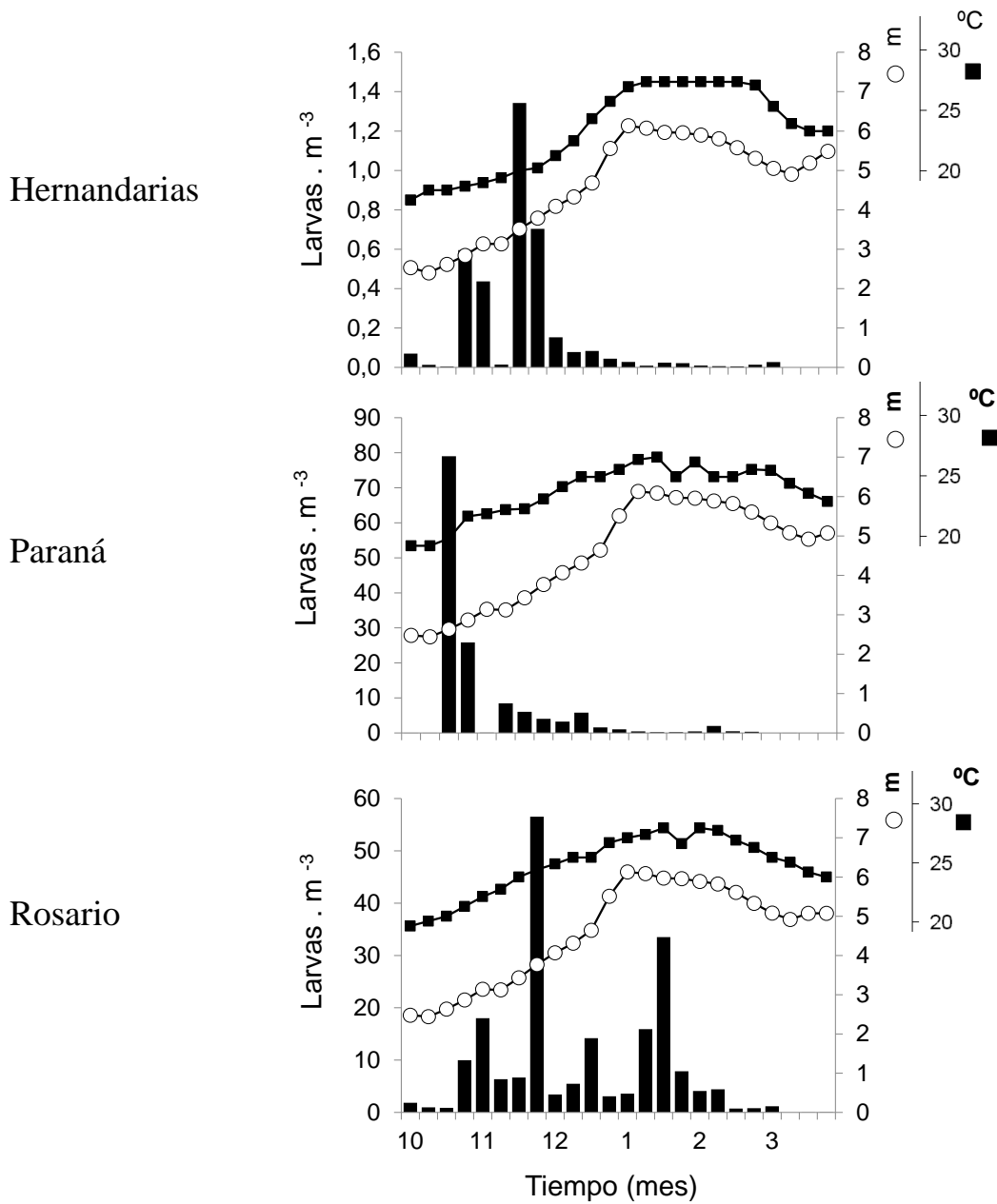
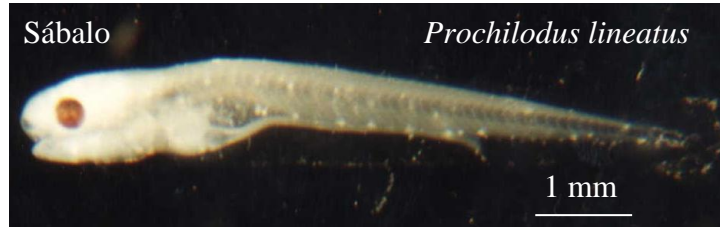
Paraná



Rosario



**Figura 24.** Variación temporal de la densidad de **huevos de peces** (barras negras huevos grandes y grises huevos pequeños) en tres localidades del río Paraná, durante el período 2015-2016.

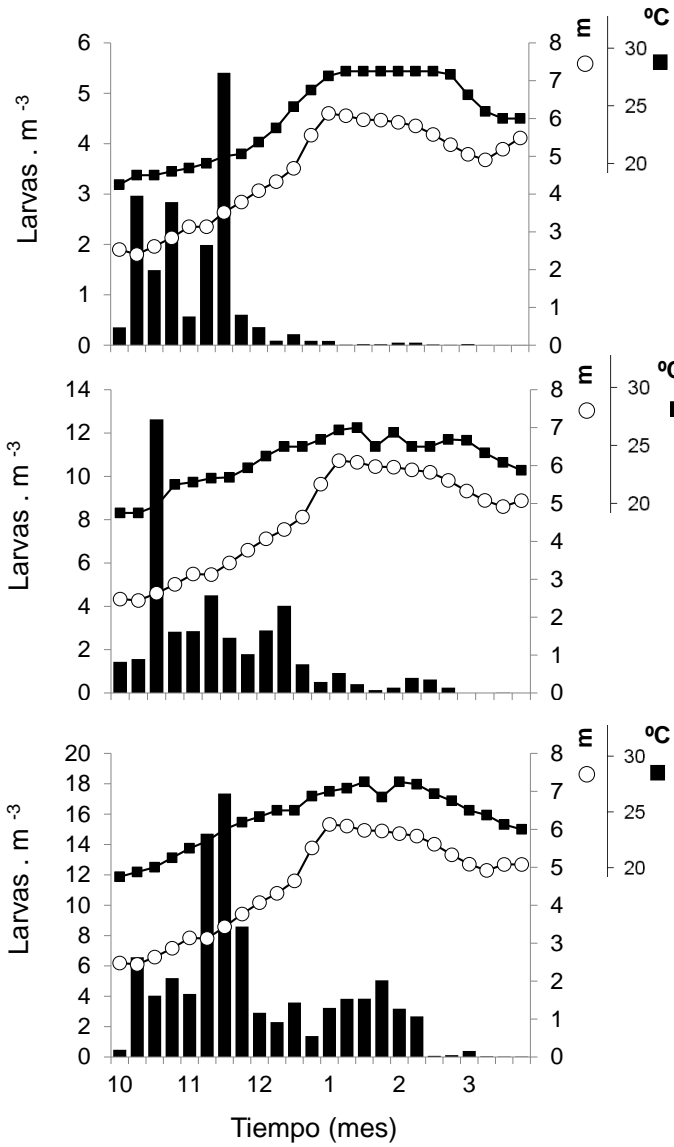


**Figura 25.** Variación temporal de la densidad de larvas de sábalo en tres localidades del río Paraná, durante el período 2015-2016.





Hernandarias



Rosario

**Figura 26.** Variación temporal de la densidad de larvas de **boga** en tres localidades del río Paraná, durante el período 2015-2016.

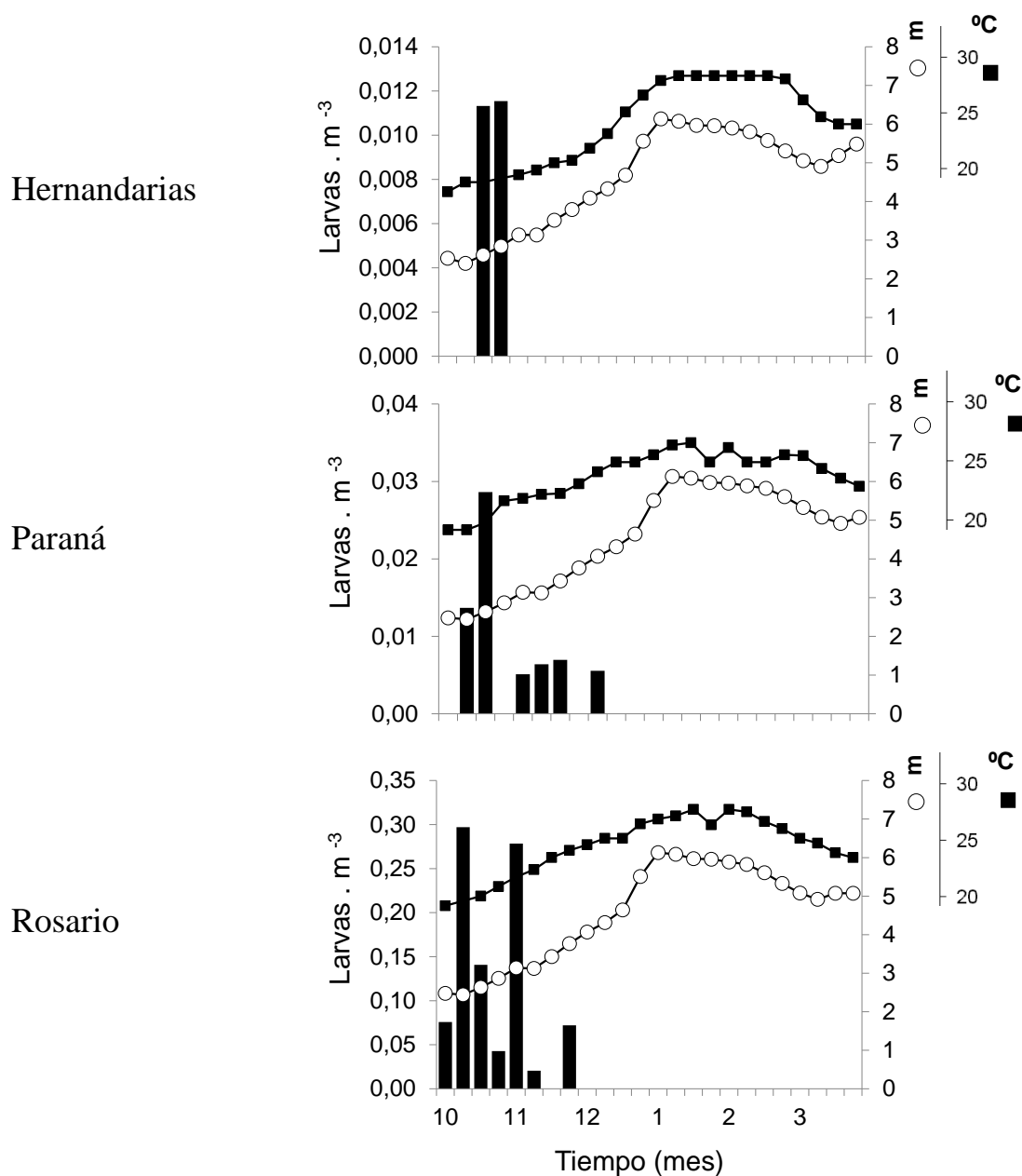
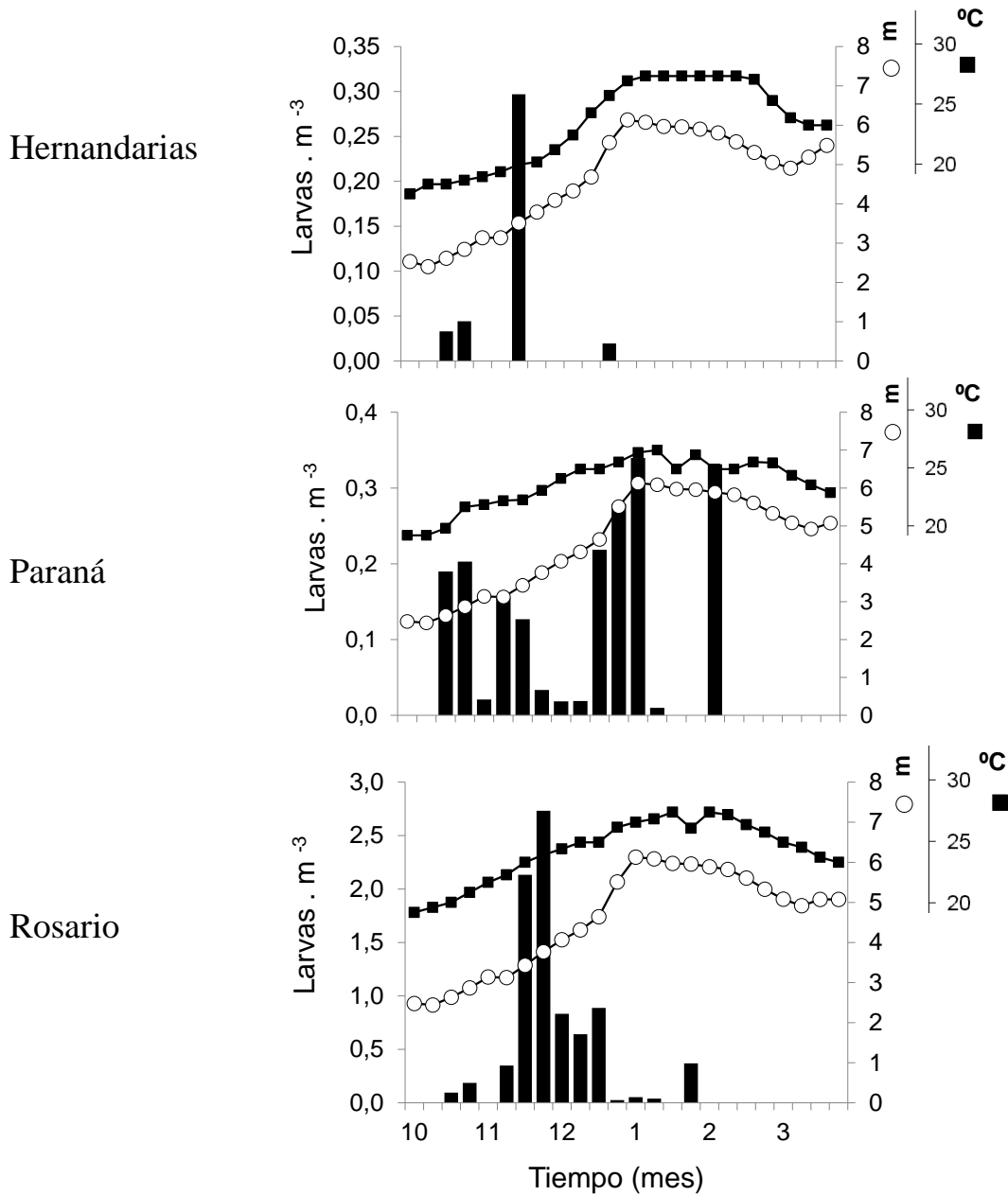
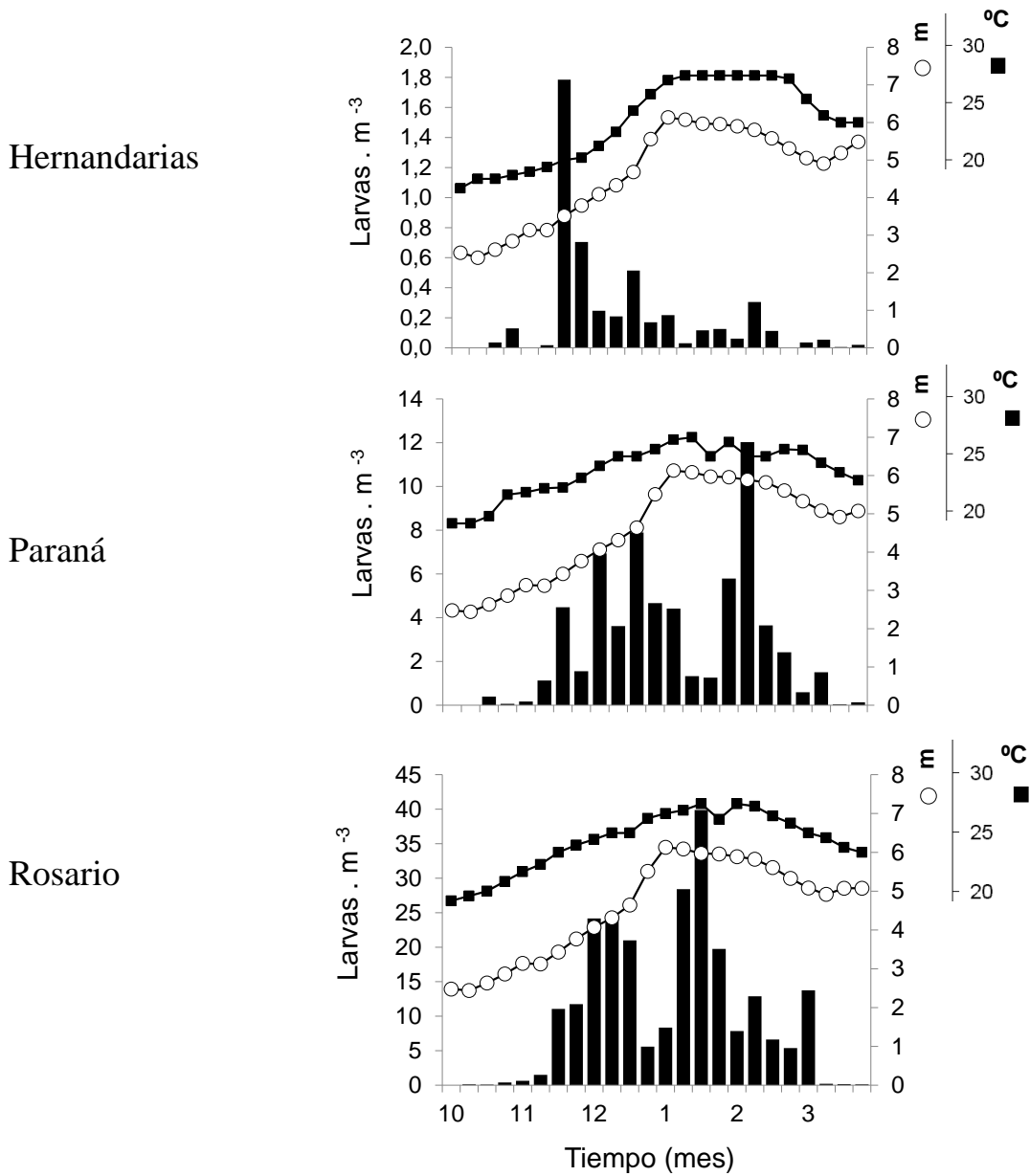
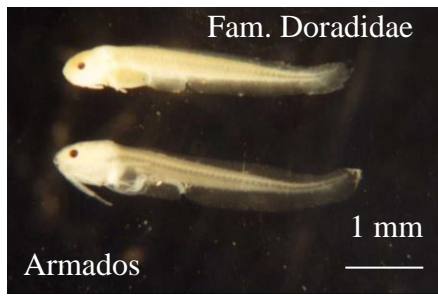


Figura 27. Variación temporal de la densidad de larvas de dorado en tres localidades del río Paraná, durante el período 2015-2016.



**Figura 28.** Variación temporal de la densidad de larvas de *surubí* en tres localidades del río Paraná, durante el período 2015-2016.

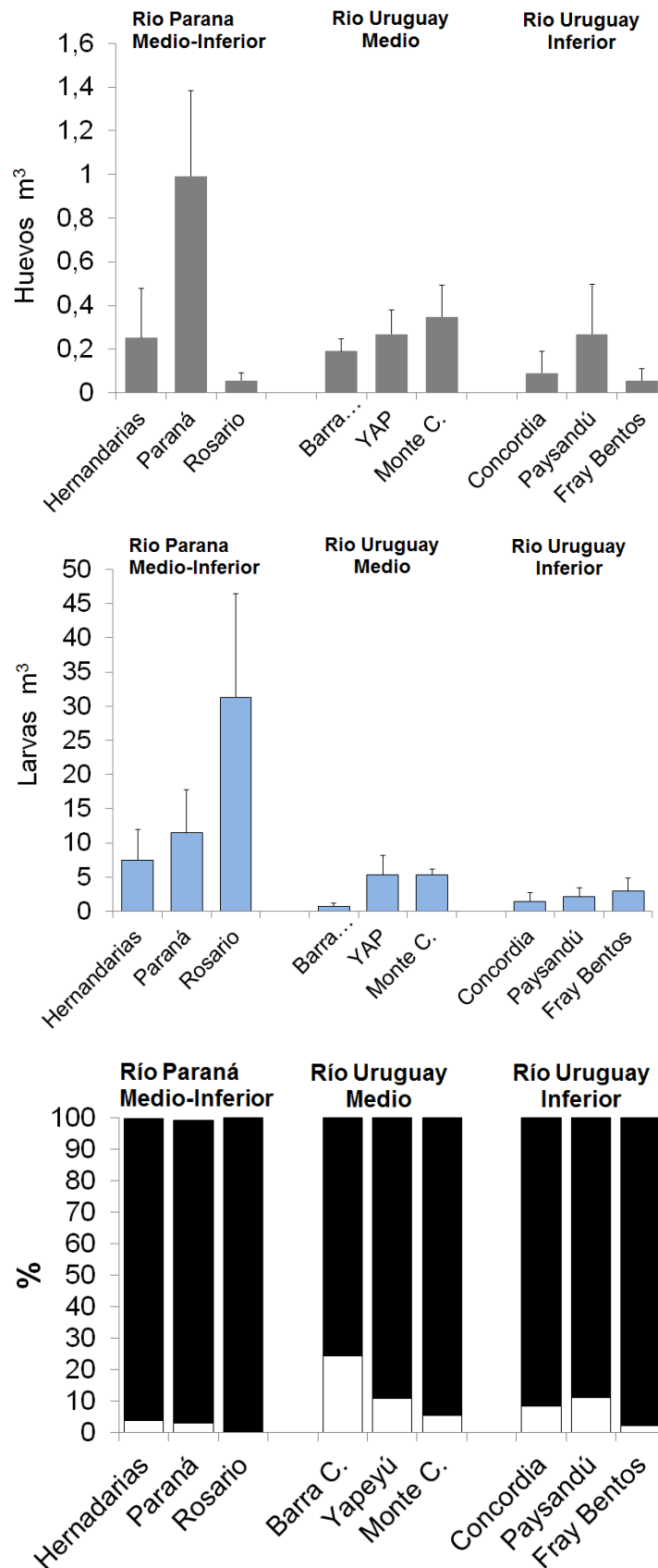


**Figura 29.** Variación temporal de la densidad de larvas de *armado* en tres localidades del río Paraná, durante el período 2015-2016.

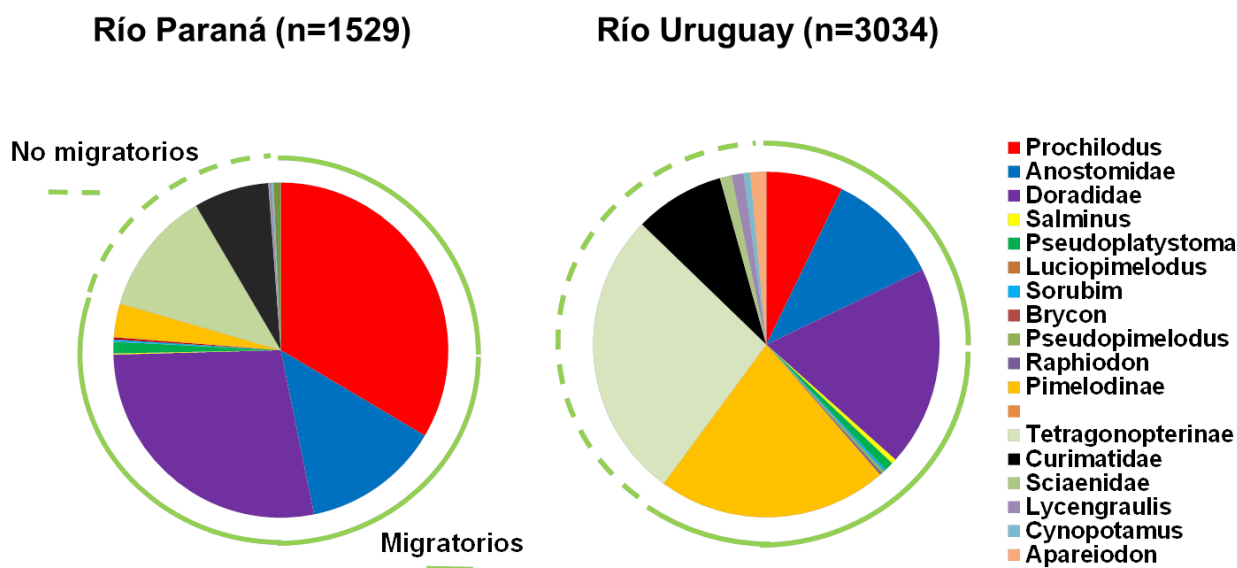
#### 4.10. Comparación de la composición total del ictioplancton de los ríos Uruguay y Paraná (2008-2016)

La proporción de huevos en relación al total de larvas capturadas fue algo mayor en el río Uruguay que en el Paraná. En las localidades Yapeyú y Monte Caseros ubicadas en el tramo medio del río Uruguay, por ejemplo, los huevos constituyeron entre el 7 y el 10 % del ictioplancton, siendo aún mayor en Barra Concepción, estación que está ubicada más al norte, donde el mismo alcanzó durante los tres años muestreados (2013-2016) el 20 % de la captura (**Figura 30**). En el tramo inferior la proporción de huevos osciló también entre el 7 y el 10 % de las capturas aunque en Fray Bentos, ubicada más al sur, la proporción de huevos fue bastante menor (2 %). En el río Paraná la proporción de huevos en las localidades de Hernandarias y Paraná fue de entre 3 y 4 % del ictioplancton y prácticamente nula en Rosario.

La composición de la captura de larvas en el río Uruguay agrupando los tramos, localidades y años muestreados presenta un menor predominio de las especies de pequeños migratorios de la subfamilia Pimelodinae (bagres), los que junto con otros peces residentes como las mojarra de la subfamilia *Tetragonopterinae* y *Cheirodontinae*, así como los *Curimatidae* o sabalitos, conforman el 60 % restante de las larvas capturadas. El 40 % de las larvas restante pertenece a especies migratorias de tamaño medio (sábalos, bogas y armados), pero solo una menor fracción que no alcanza el 2 % está constituida de las especies migratorias mayor tamaño y rango migratorio como son el dorado y el surubí (**Figura 31**). En el río Paraná sin embargo las especies migratorias de tamaño medio y en especial el sábalo y los armados constituyen casi el 75 % de los individuos; aunque siguen estando presentes las especies pequeñas residentes (*Tetragonopterinae* y *Curimatidae*) no alcanzan a más del 25 % del mismo.



**Figura 30.** Densidad de huevos (gris) y larvas (celestes) y porcentaje de huevos (blanco) y de larvas totales (negro) en el ictioplancton de los ríos Uruguay y Paraná entre los años 2008 y 2016. Las localidades Hernandarias y Barra Concepción compilan sólo el período 2013-2016.



**Figura. 31.** Composición de la captura de estadios larvales en los ríos Uruguay y Paraná entre los años 2008 y 2016. Las líneas verdes indican la proporción total de larvas de peces migratorios (continua) y no migratorios (punteada). Entre paréntesis se consigna el número total de muestras obtenidas. Para el cálculo se consideran la totalidad de localidades entre el período 2008-2016 (6 en el río Uruguay y 3 en el río Paraná).

#### 4.11. Ordenación de la composición del ictioplancton de las localidades del río Uruguay y Paraná. (2008-2016)

El peso de las variables originales en los auto-vectores del primer y segundo componentes principales obtenido a partir de la combinación lineal de las 17 variables que representan la composición del ictioplancton (tanto huevos de peces, como larvas de diferentes grupos) se presenta en la **Tabla 7**. En el primer componente, el análisis separa las localidades según el peso positivo de las especies migratorias (sábalo, boga, armado, dorado, surubí, cucharón, manguruyú y patí) en contra de las no migratorias (anchoa, corvina, virolo) o migratorias de pequeño tamaño (bagres del género *Pimelodus*). En el segundo componente, un grupo heterogéneo conformado por los migratorios de amplio rango (dorado y surubí), los huevos de peces y algunos peces no migratorios ordenan las muestras. Entre el primer y segundo eje de ordenamiento se alcanza el 41,1 % de la varianza explicada. Como puede verse en la **Figura 32**, las localidades en cada uno de los años presentan un ordenamiento coherente en el espacio de los dos primeros componentes principales. En la gama del azul las localidades (representadas en escudos de igual tonalidad) del tramo medio del río Uruguay se ordenan desde espacios con un mayor peso relativo de las especies migratorias de tamaño grande y medio, en especial de dorado y surubí, mientras que gradualmente y con tonalidades más suaves, se consignan las localidades del tramo inferior en espacios donde el peso relativo de las especies migratorias de rango corto y no migratorias todas con tamaño relativamente pequeño es más significativo. Este eje norte-sur ubicaría a las localidades del tramo medio y a la localidad Benito Legerén muy próxima a la represa

de Salto Grande, distribuidas en espacios con mayor peso de los huevos de peces. Por el contrario las localidades del río Paraná, tienden a distribuirse en espacios con menor peso relativo de los huevos, y mayor de peces migratorios especialmente de sábalo y armado, ordenadas de norte a sur. Este apartamiento de la localidad Rosario, representa la escasez de huevos en las muestras y la distribución distal de desoves ocurridos en el tramo medio.

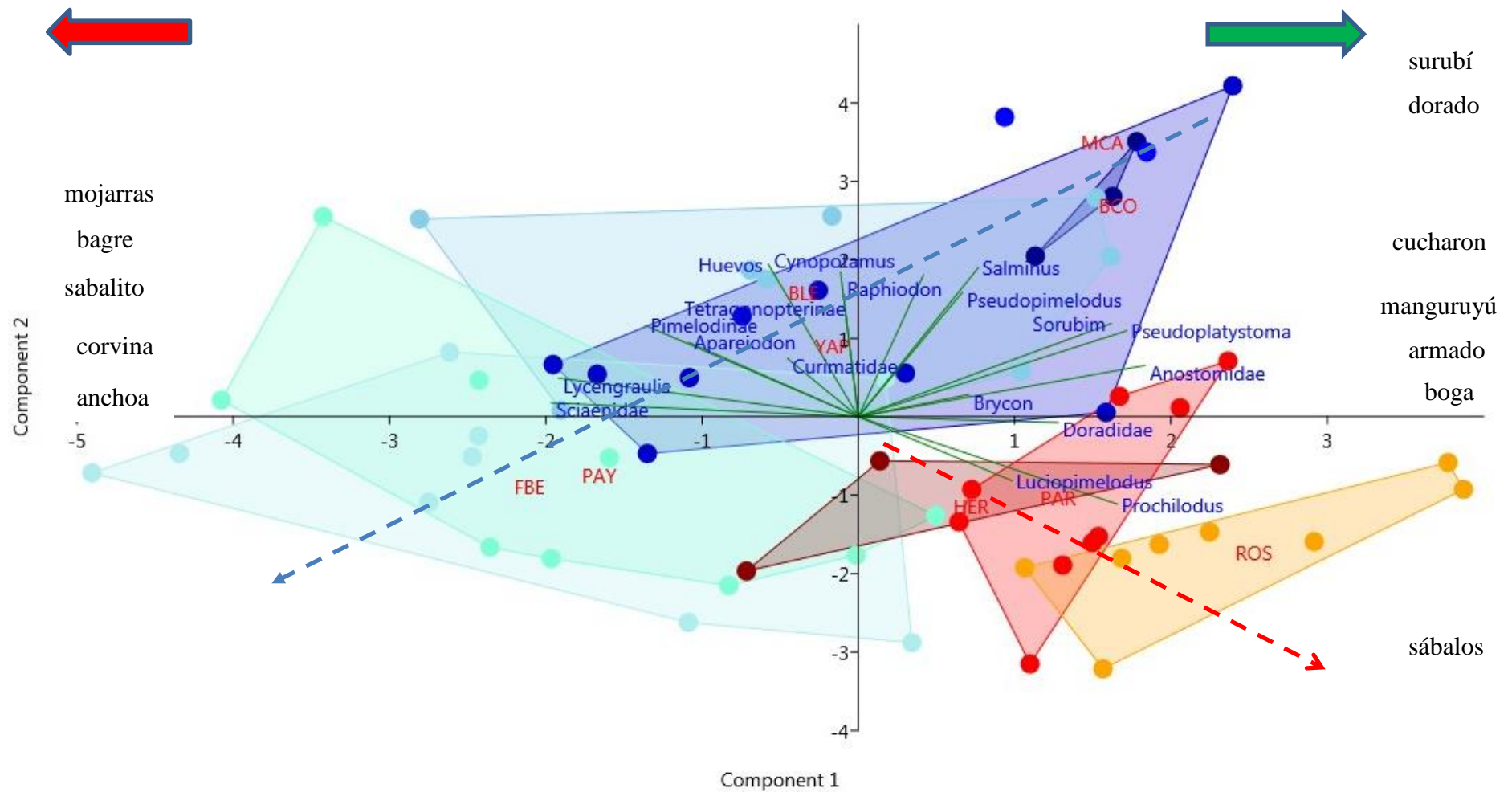
**Tabla 7.** Autovalores, porcentaje de la varianza y peso de las variables originales en los dos primeros componentes principales del ordenamiento de la matriz de composición del ictioplancton para todas las localidades de los ríos Uruguay y Paraná (2008-2009).

|                   | PC 1            | PC 2            |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Autovalor         | 4.1             | 3.3             |
| % Varianza        | 22.7            | 18.4            |
| Prochilodus       | <b>0.31821</b>  | <b>-0.2141</b>  |
| Anostomidae       | <b>0.35207</b>  | 0.12547         |
| Salminus          | <b>0.14747</b>  | <b>0.36535</b>  |
| Pseudoplatystoma  | <b>0.32994</b>  | <b>0.21082</b>  |
| Doradidae         | <b>0.24567</b>  | -0.013983       |
| Huevos            | -0.11066        | <b>0.37354</b>  |
| Pimelodinae       | <b>-0.26183</b> | <b>0.22394</b>  |
| Tetragonopterinae | -0.018564       | <b>0.29906</b>  |
| Curimatidae       | -0.08689        | 0.14221         |
| Sciaenidae        | <b>-0.37768</b> | 0.03415         |
| Lycengraulis      | <b>-0.3682</b>  | 0.094638        |
| Sorubim           | <b>0.31033</b>  | <b>0.22814</b>  |
| Brycon            | <b>0.13573</b>  | 0.054214        |
| Pseudopimelodus   | <b>0.12767</b>  | <b>0.30445</b>  |
| Cynopotamus       | -0.021882       | <b>0.35338</b>  |
| Raphiodon         | 0.080001        | <b>0.34723</b>  |
| Apareiodon        | <b>-0.20833</b> | 0.18222         |
| Luciopimelodus    | <b>0.18871</b>  | <b>-0.15655</b> |

**Tabla 8.** Resultados del Análisis de Varianza Multivariado con permutaciones (PERMANOVA) de la composición del ictioplancton entre las localidades del río Paraná y Uruguay. \*\* indica diferencias altamente significativas.

|                   | PARANA | ROSARIO |
|-------------------|--------|---------|
| <i>YAPEYU</i>     | **     | **      |
| <i>B. LEGEREN</i> | **     | **      |
| <i>PAYSANDU</i>   | **     | **      |
| <i>F. BENTOS</i>  | **     | **      |
|                   |        |         |



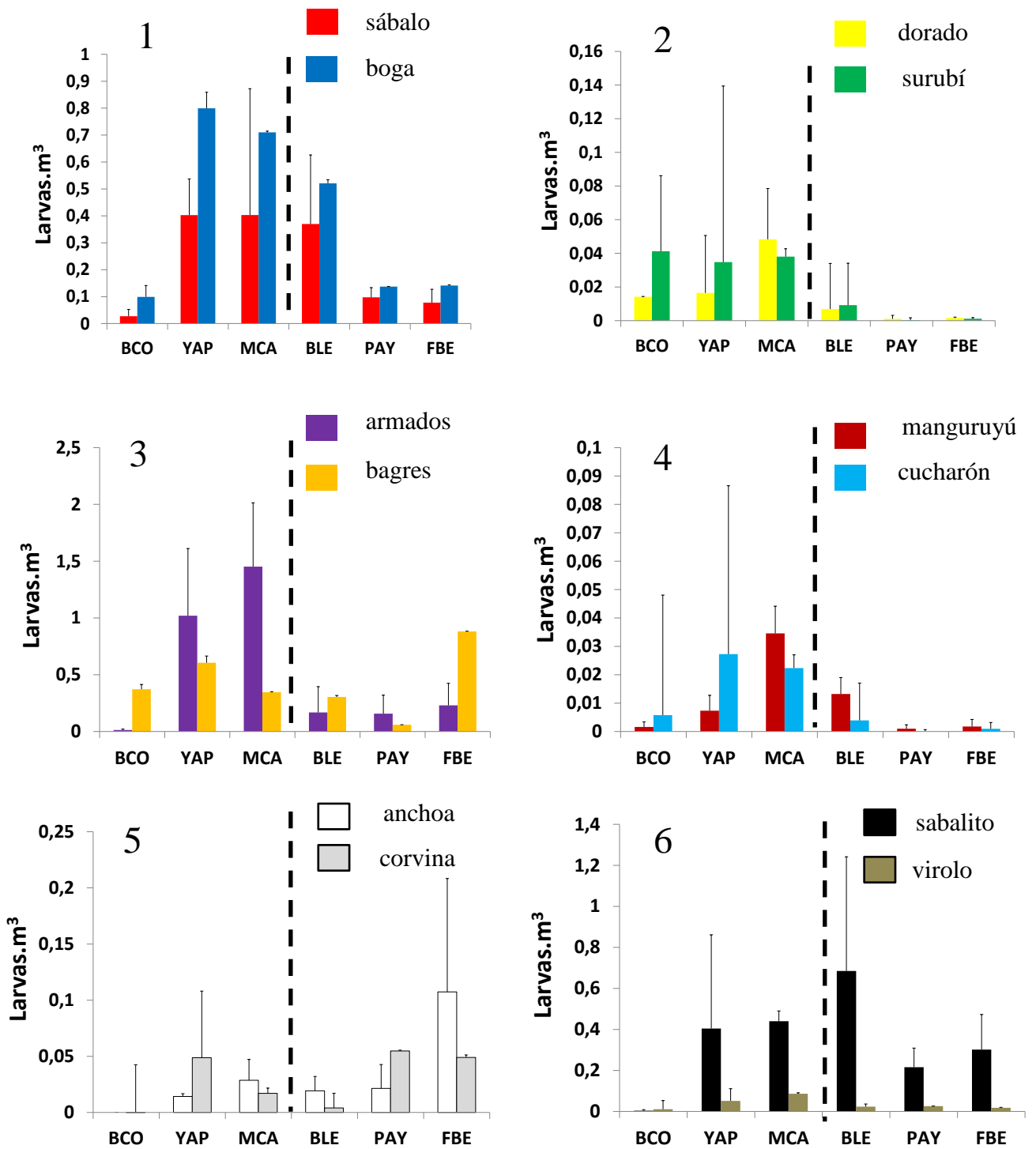


**Figura 32.** Resultados de la ordenación del primero y segundo componentes principales a partir de la composición anual del ictioplancton de distintas localidades del río Uruguay en tonos de azul y Paraná en tonos de rojo, durante diferentes años. Las flechas representan la dirección de los pesos de las especies en cada uno de los componentes, en verde las migratorias y grandes migratorias y en rojo las de migración corta o residentes. Las líneas punteadas representan la distribución Norte-Sur de las localidades con menor peso relativo de las especies migratorias (celeste) y con menor peso de los huevos y mayor del sábalos.

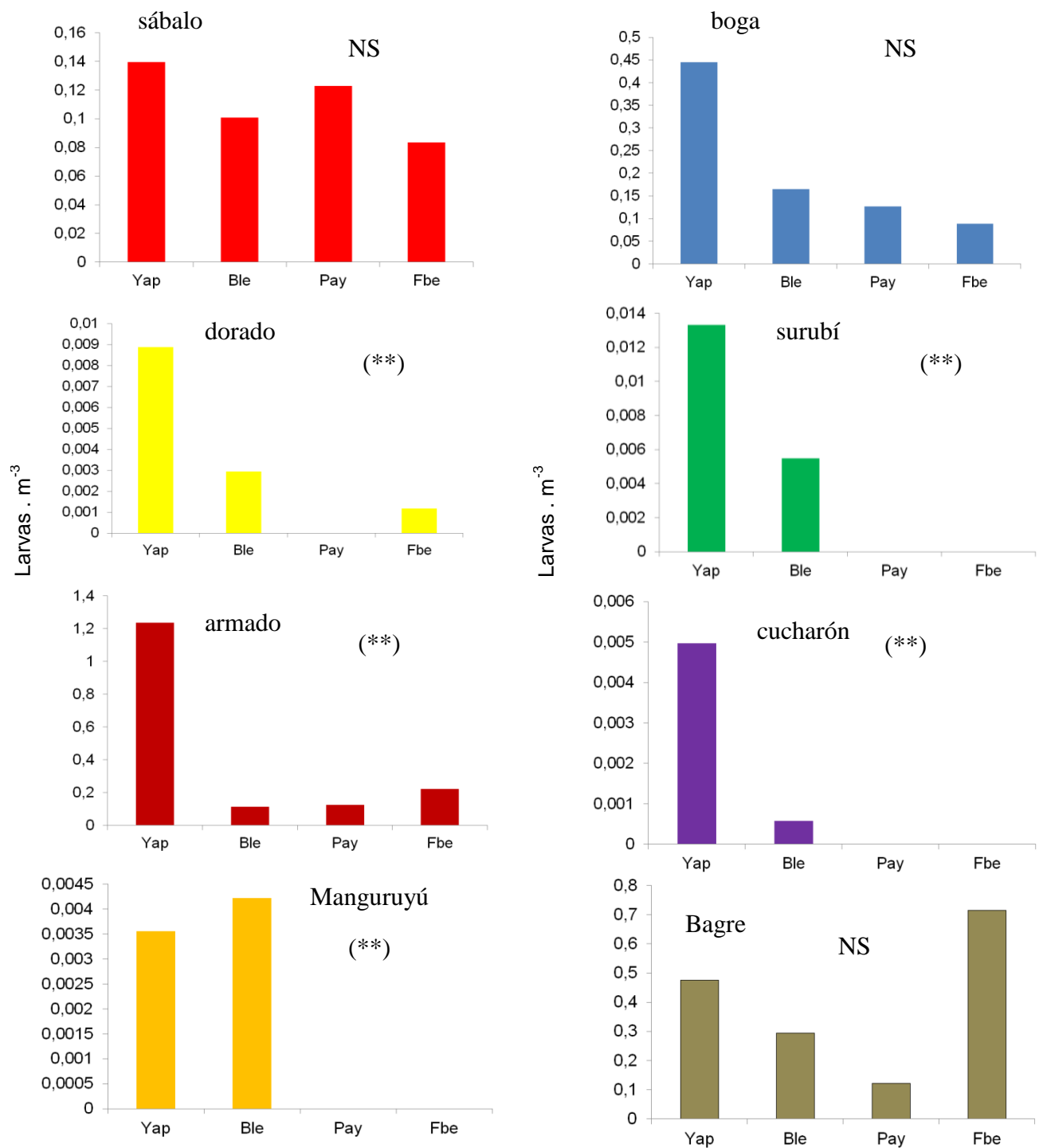
#### 4.12. Variación espacial de la abundancia del ictioplancton. Perspectiva 2008-2016

El promedio de las densidades medias anuales de larvas de peces migratorios obtenida a partir de los períodos 2013-2014 y 2014-2015, tendieron a ser mayores en las localidades de muestreo de la sección media que en las inferiores del río Uruguay (**Figura 33**). Esto se observó para sábalos y bogas, especies que en las capturas del tramo medio considerando los dos períodos muestreados y las tres muestras por tramo totalizaron 3.695 y 7.449 larvas respectivamente, en contra de 941 y 1421 individuos para el tramo inferior. Una tendencia semejante se observó para el resto de las especies migratorias, particularmente para la de los grandes migratorios, como son el dorado y el surubí, los que en el tramo medio alcanzaron 482 y 1.016, y respectivamente escasos 45 y 34 individuos en el inferior. Por otra parte, otras especies migratorias siluriformes de tamaño intermedio como son los armados (Fam. *Doradidae*), el cucharón (*Sorubim lima*) y el manguruyú de las piedras (*Pseudopimelodus zúngaro*) mostraron densidades mayores en el tramo medio (**Figura 33**) lo que en la suma totalizada para los dos períodos implicó 12.234, 260 y 203 individuos respectivamente en el tramo medio y, en el mismo orden 2.556, 9 y 11 individuos para el inferior. Esta tendencia fue algo menos clara para los peces no migratorios como son los sabalitos (Fam. *Curimatidae*), las mojarras, (Subfam. *Tetragonopterinae*), los virolos (*Apareiodon* spp), los migratorios de menor rango como los bagres pequeños (*Pimelodinae*) y las especies de estirpe marina las anchoas *Lycengraulis olideus* y la corvina *Pachyurus bonariensis*.

Sin embargo las tendencias para las medias obtenidas con dos años de muestreo (**Figura 33**), no fueron totalmente confirmadas con un menor número de localidades pero un número mayor de años muestreados (**Figura 34**). Cuando se exploraron las diferencias entre las densidades de una localidad del tramo medio (Yapeyú) y 3 del tramo inferior (Benito Legerén, Paysandú y Fray Bentos) para el período 2008-2016 (Test Friedman,  $P < 0,05$ ,  $n=9$ ) las diferencias significativas entre las densidades de larvas observadas en Yapeyú y las localidades del tramo inferior sólo se detectaron para algunos peces migratorios; estos son el dorado, el surubí, los armados, el cucharón y el manguruyú (**Tabla 9**). Por otra parte, el test a posteriori de rangos múltiples Dunn ( $P < 0,05$ ), mostró que las diferencias entre las densidades fueron particularmente significativas entre la localidad Yapeyú y Paysandú o Fray Bentos, pero no tanto entre Yapeyú y Benito Legerén (**Tabla 9**). Ninguna diferencia estadística fue hallada entre las densidades de las mencionadas localidades para los huevos de peces, el sábalo, la boga, los bagres y los sabalitos.



**Figura 33.** Densidad media y desvío estándar de larvas de peces migratorios (paneles 1-4) y no migratorios (paneles 5 y 6) registradas en las localidades del río Uruguay Medio (BCO: Barra Concepción, YAP: Yapeyú, MCA: Monte Caseros) e Inferior (BLE: Benito Legerén, PAY: Paysandú y FBE: Fray Bentos) durante los períodos 2013-2014 y 2014-2015. La línea punteada negra indica el emplazamiento de la represa de Salto Grande.



**Figura 34.** Densidad mediana de larvas de peces migratorios registradas en las localidades del río Uruguay Medio (YAP: Yapeyú) e Inferior (BLE: Benito Legerén, PAY: Paysandú y FBE: Fray Bentos) durante los períodos 2008-2016. Diferencias altamente significativas (\*\*) o no significativas (NS) según test de Friedman, n=9 (Tabla 9).

**Tabla 9.** Resultados del Análisis de Varianza No Paramétrico (Friedman) para las densidades obtenidas en las localidades de muestreo en el río Uruguay durante 9 años. (2008-2016). Letras diferentes consignan diferencias significativas según test de Dunn ( $P < 0,05$ ).

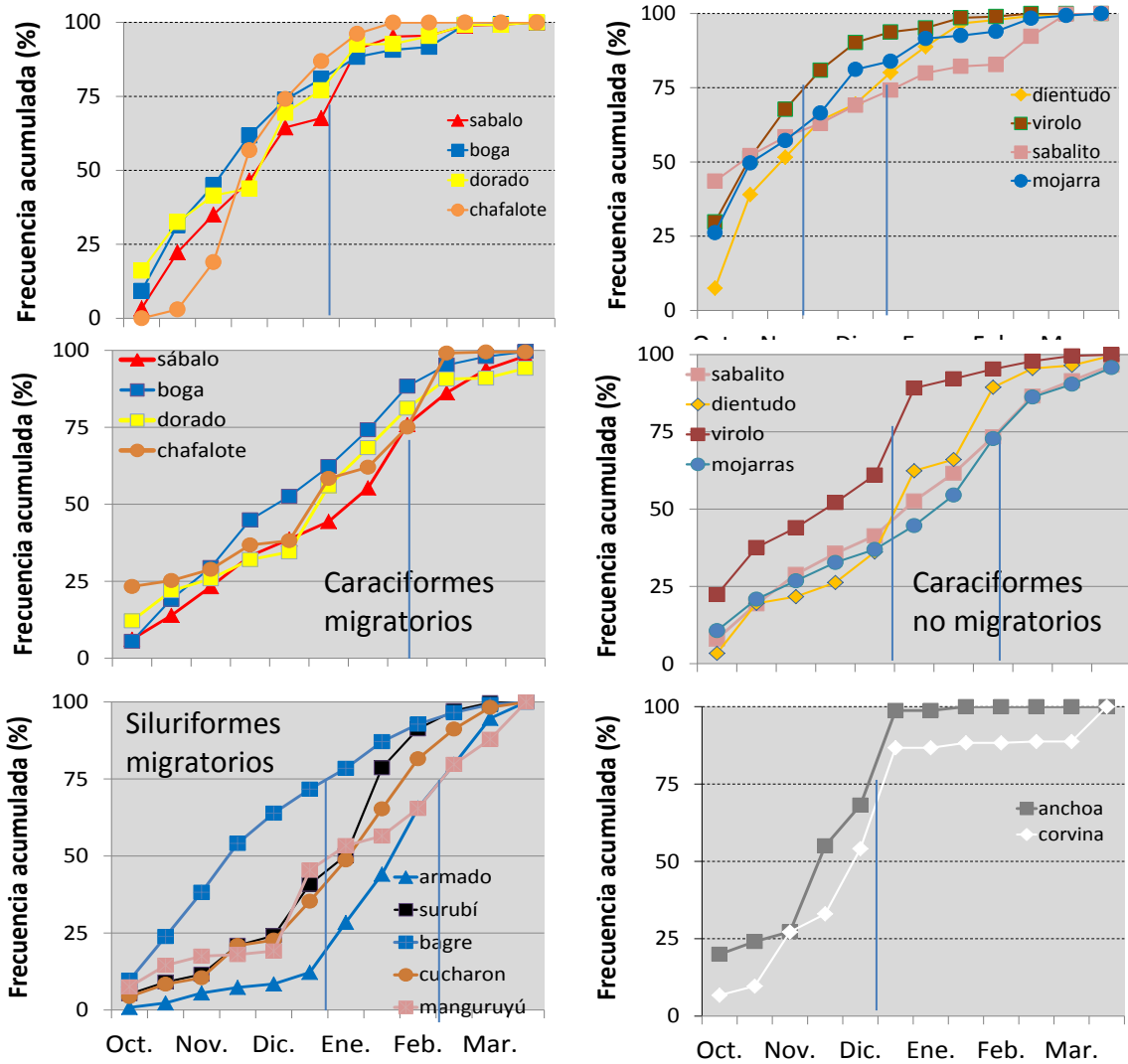
|           |             | YAP | BLE | PAY | FBE |
|-----------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| Sábalo    | NS          | -   | -   | -   | -   |
| Boga      | NS          | -   | -   | -   | -   |
| Dorado    | $P < 0,001$ | A   | A;B | B;C | B;C |
| Surubí    | $P < 0,001$ | A   | A   | C   | C   |
| Armado    | $P < 0,001$ | A   | B   | B   | B   |
| Huevos    | NS          | A   | A   | A   | A   |
| Pimelodus | NS          | A   | A   | A   | A   |
| Mojarras  | $P < 0,001$ | A   | B   | B   | B   |
| Sabalito  | NS          | A   | A   | A   | A   |
| Cucharón  | $P < 0,05$  | A   | A;C | B   | B;C |
| Manguruyú | $P < 0,001$ | A   | A   | B   | B   |
| Corvina   | $P < 0,05$  | A   | B;C | A;D | A;D |
| Anchoa    | $P < 0,05$  | A;B | A   | A;B | B;C |
| Dientudo  | $P < 0,05$  | A   | B   | B   | B   |

#### 4.13. Flujo acumulado de larvas de peces en el río Uruguay y Paraná (2008-2016)

La variación temporal del flujo promedio acumulado de larvas de peces migratorios y residentes durante el período 2008-2016 se consigna en la **Figura 35**. De la misma surgen diferencias claras en la forma de las curvas generadas, siendo cóncavas hacia abajo para la mayoría de los peces en el río Uruguay, y ligeramente cóncava hacia arriba para el río Paraná. Tomando como referencia el 75 % del flujo de larvas, como un parámetro conservativo para el establecimiento de vedas parciales, se puede observar que los peces characiformes migratorios como los sábalos, dorados, bogas, así como otros siluriformes migratorios de diferente rango, alcanzarían “en promedio” dicho aporte reproductivo en el río Uruguay a fines de diciembre. Un punto de referencia temporal semejante parece observarse para las pequeñas especies de peces residentes como los virolos, sabalitos, mojarras y dientudos, los que parecen dejar un escaso remanente de la reproducción para luego de diciembre.

En cambio, en el río Paraná, el 75 % del flujo promedio tendió a alcanzarse alrededor de 1 a 2 meses más tarde. Ejemplo de ello, lo constituyen el sábalo, el dorado y la boga, que en el río Uruguay aportan el 75% del flujo en diciembre y en el río Paraná, recién en febrero. Las especies de linaje marino son un caso particular, dado que los datos no muestran diferencias entre los dos ríos. Un detalle de las fechas a la altura de las cuales las especies aportarían el 75% de su reproducción se muestra en la **Tabla 12**.

## Río Uruguay



**Figura 35.** Frecuencia acumulada del flujo larvas de peces en los ríos Uruguay y Paraná, durante el período octubre-marzo. Se considera el flujo de larvas de los 9 años muestreados entre 2008 y 2016.

**Tabla 12.** Fechas a las cuales se acumula el 75% del flujo de larvas en los ríos Uruguay y Paraná por especie. Se considera el promedio de los flujos anuales entre 2008 y 2016.

| <b>Especie</b>                      | <b>Río Uruguay</b> | <b>Río Paraná</b> | <b>Diferencia<br/>(semanas)</b> |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|
| <i>Characiformes migratorios</i>    |                    |                   |                                 |
| Sábalo                              | 15/12              | 7/2               | 7                               |
| Boga                                | 15/12              | 15/1              | 4                               |
| Dorado                              | 15/12              | 15/1              | 4                               |
| Chafalote                           | 15/12              | 7/2               | 7                               |
| <i>Siluriformes migratorios</i>     |                    |                   |                                 |
| Surubí                              | 15/12              | 15/1              | 4                               |
| Cucharón                            | 7/1                | 22/1              | 2                               |
| Manguruyú                           | 1/12               | 15/2              | 10                              |
| Bagres                              | 15/12              | 1/1               | 2                               |
| <i>Characiformes no migratorios</i> |                    |                   |                                 |
| Sabalitos                           | 22/12              | 22/1              | 4                               |
| Dientudos                           | 22/12              | 15/1              | 3                               |
| Virolos                             | 15/11              | 22/12             | 5                               |
| Mojarras                            | 1/12               | 15/1              | 5                               |
| <i>Especies de Estirpe Marina</i>   |                    |                   |                                 |
| Corvina                             | 15/12              | 15/12             | 0                               |
| Anchoa                              | 15/12              | 15/12             | 0                               |

#### 4.14. Índices de Abundancia larval (IAL)

##### 4.14.1. Río Uruguay. Serie Completa 2000-2016.

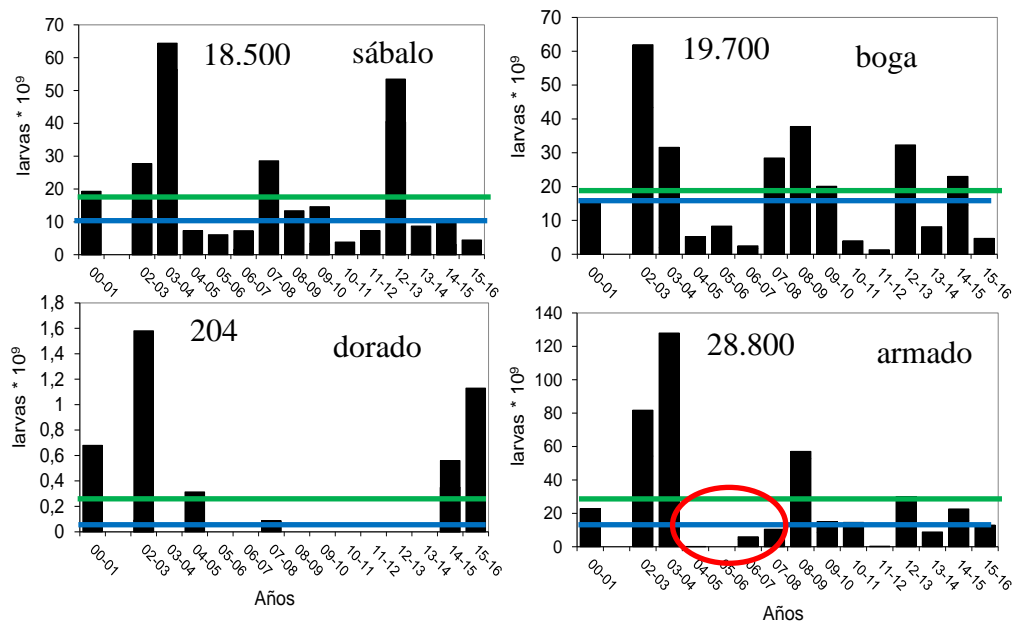
El número de larvas de las distintas especies que derivaron por el río Uruguay a la altura de Paysandú-Colón fue más bien bajo, con valores por debajo del promedio observado durante los últimos dos años (2014-2015 y 2015-2016). Los índices de abundancia larval de las especies migratorias más abundantes en el ictioplancton durante el período 2015-2016 fueron de alrededor de 5 y 10 mil millones para bogas y armados, seguidos por el sábalo con 4 mil millones (**Figura 36**). El flujo de larvas de dorado fue de 1 mil millones y el de surubí nulo.

##### 4.14.2. Río Paraná. Serie Completa 2000-2016

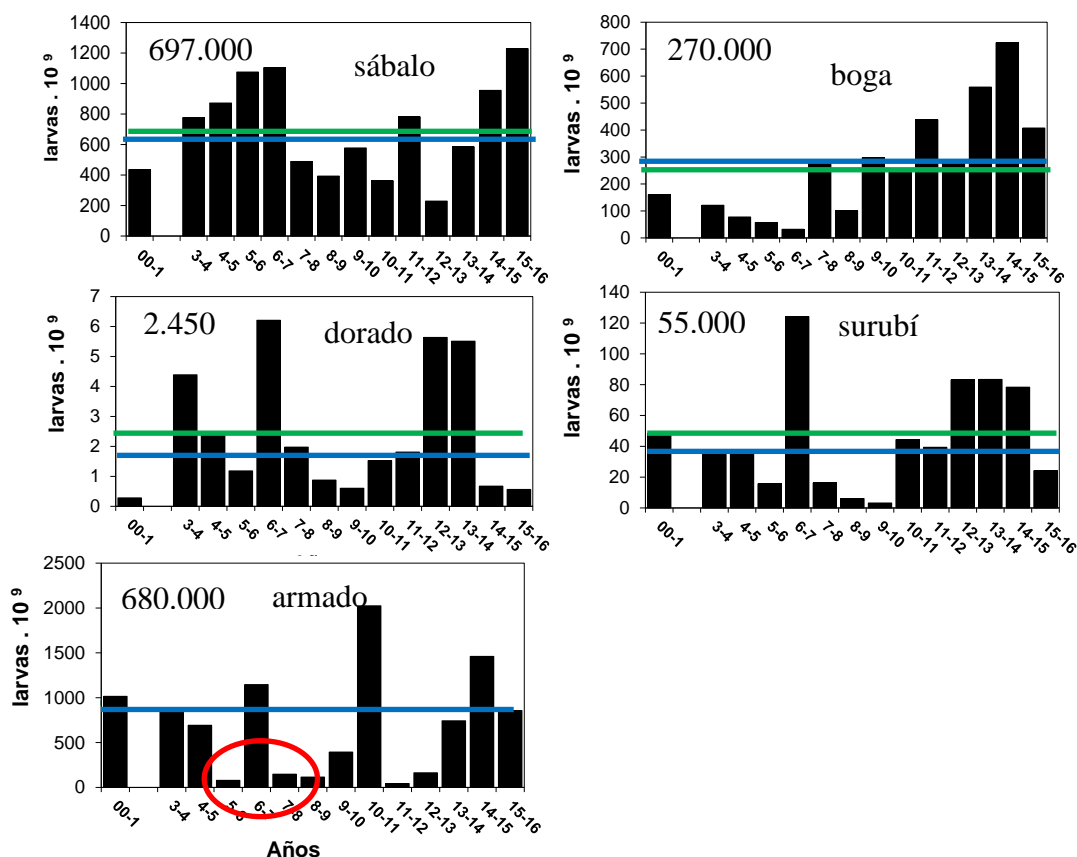
En el río Paraná durante el último período 2015-2016 el índice de abundancia de larvas de sábalo se incrementó hasta los 1.200.000 millones, alcanzando el máximo de la serie en todo el período muestreado (**Figura 36**). Por el contrario, las bogas descendieron un 40% con respecto al año anterior, manteniéndose no obstante en valores de 400.000 millones, los que son aún elevados con respecto al comienzo de la década. Los dorados por segundo año consecutivo, mostraron valores reducidos cercanos al 1 mil millones de larvas. El surubí alcanzó valores de 20.000 millones, 4 veces menores a los de los últimos 4 años; el flujo total de larvas de armado se incrementó hasta los 1.400.000 individuos, lo que constituye valores casi record para todas las especies consideradas para todo el período 2000-2016.



### Río Uruguay



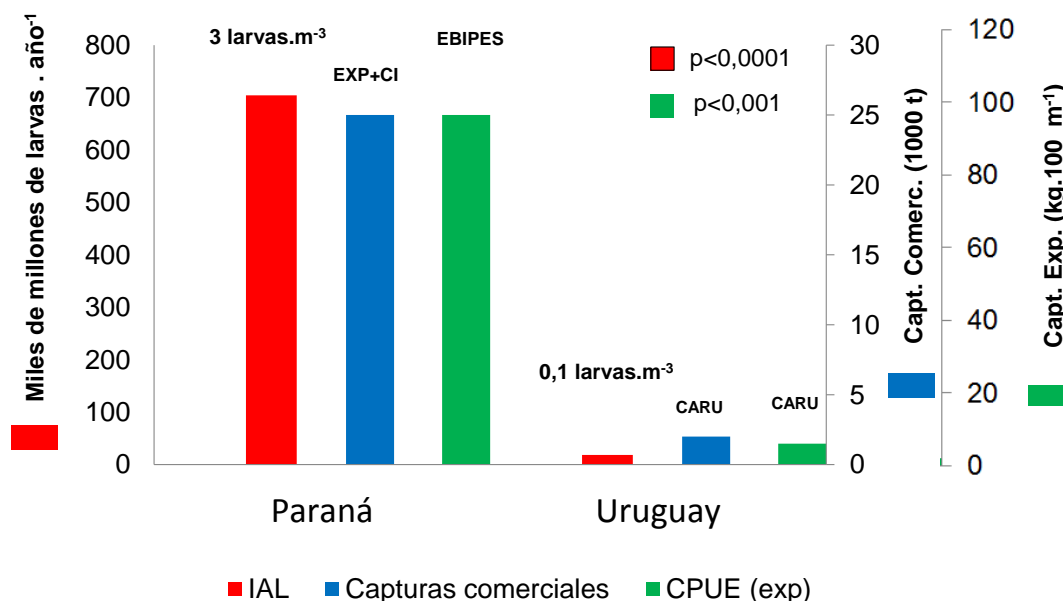
### Río Paraná



**Figura 36.** Variación del índice de larvas (IAL) de larvas en los ríos Uruguay y Paraná entre los años 2001 y 2016. Las líneas verdes (promedio) y celestes (mediana) indican el valor del flujo anual de larvas para cada especie. Los números consignan el valor promedio del índice para toda la serie de años. El círculo en rojo indica el período inmediato posterior a las mortandades de armado en el río Paraná.

#### 4.14.3. Índices de abundancia (IAL) y densidades de larvas, captura por unidad de esfuerzo de adultos y desembarcos de sábalo para el río Uruguay y Paraná

Los índices de abundancia larval que contemplan los cambios de densidad y caudal, así como la densidad media de larvas de sábalo para el período 2008-2016, lucen coherentes con la abundancia de adultos expresada como captura por unidad de esfuerzo. Se encontraron índices de abundancia larval de esta especie alrededor de 30 veces y de adultos 40 veces menor en el río Uruguay que en el río Paraná; dichas diferencias presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,01$ ). Una tendencia similar aunque posiblemente menos pronunciada se predice para los desembarcos estimados de esta especie, entre ambos ríos. En un cálculo conservador de los desembarcos basado en la suma de las exportaciones de sábalo en el río Paraná (15 y 20 mil toneladas) y un mercado interno (informalmente definido en 5.000 toneladas) contrastan con las capturas estimadas en el río Uruguay donde la suma total de las capturas de sábalo y boga (sin discriminar) constituiría alrededor de 2.500 toneladas (**Figura 37**), por lo que la diferencia en los desembarcos entre los ríos puede estimarse se encuentra entre 10 y 20 veces dependiendo de qué proporción de sábalo o boga se asigne a dichas 2500 toneladas.



**Figura 37.** Comparación de los datos de índices de abundancia larval (rojo), capturas comerciales estimadas (azul) y CPUE experimental (kg/batería/noche, verde) de los ríos Paraná y Uruguay. El nivel de significación del IAL y la CPUE se obtuvo mediante el test de rangos de Wilcoxon. IAL y densidades de larvas con base a datos anuales para el período 2008-2016. CPUE expresada en base a 100 m lineales de red (CARU y EBIPES). Datos desembarco sábalo en Paraná (20000 t cuota permisible + 5000 mercado interno). Desembarco de sábalo en el río Uruguay, en base a estimaciones informe CARU 2014.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Variación temporal y espacial de la actividad reproductiva en los Ríos Uruguay y Paraná (Períodos 2014-2015 y 2015-2016)

Tanto durante el periodo 2014- 2015 como en el 2015-2016, el flujo de larvas de peces se concentró mayoritariamente entre octubre y enero (**Figuras 6-11 y 12-17**). Las alturas del río presentaron 2 y 3 picos que sincronizaron la reproducción en los periodos 2014-2015 y 2015-2016 respectivamente, lo que en general, según se ha visto en los últimos años, se asocia a flujos entre moderados y altos de larvas de peces. Las densidades y la frecuencia de ocurrencia de larvas (**Tablas 1-4**) fueron menores en el periodo 2015-2016, posiblemente debido a dilución producida por los mayores caudales de la inundación extraordinaria.

El flujo de larvas de dorado y de surubí tienen usualmente dinámicas diferentes; en general el primero tiende a concentrar buena parte de sus desoves en octubre-noviembre, mientras que el segundo recién lo hace en el bimestre noviembre-diciembre. No obstante se registraron matices entre los años para una misma especie. En el 2014-2015, se detectó el flujo de dorados en enero, mientras que en 2015-2016, este flujo casi no fue detectado. Esta diferencia podría ser atribuida a la intensidad de estímulo previa, dado que en 2014 las alturas del río cedieron más rápido que en el periodo 2015-2016, lo que probablemente contribuya a que en los meses subsiguientes al estímulo, permanezcan disponibles segmentos en maduración que están en condiciones de desovar cuando ocurre el siguiente estímulo hidrológico.

A diferencia de lo ocurrido en el río Uruguay, en el río Paraná se pudo observar un marcado contraste en la dinámica temporal de las alturas hidrométricas entre en los periodos 2014-2015 y 2015-2016. Esta diferencia se basó en el número y amplitud (nivel máximo) de los picos de inundación. Mientras en el 2014-2015 los estímulos fueron leves con incrementos desde los 3 a los 3,5 metros en Paraná aproximadamente en noviembre y enero, en 2015-2016, a mediados de octubre dio comienzo a un incremento pronunciado de las alturas de tres metros, lo que llevó las alturas del río Paraná hasta 5,5; en una zona de potamon (área con régimen más homogéneo y ríos de llanura) dicho incremento refleja una inundación extraordinaria. Las densidades y frecuencias de ocurrencia, no obstante no fueron muy diferentes entre los dos periodos (**Tablas 5-6**), sin embargo, se han registrado diferencias en la dinámica temporal de las especies, dado que durante el verano de 2015 (periodo 2014-2015) parte del flujo de larvas no estuvo asociado completamente a incrementos hidrométricos. Esto amerita próximas investigaciones acerca del efecto que otros factores pueden operar en la sincronización final de la reproducción. Dado que la temperatura del agua adquirió valores por sobre los 20 grados en octubre de 2014, no parece haber sido la misma un factor de “sincronización final” dado que el flujo en cuestión ocurrió en enero de 2015, aunque no hay duda que tienen influencia en la maduración final de los peces. Tal vez las precipitaciones locales puedan ejercer un rol en la sincronización de los desoves, aún cuando no se verifican ascensos sostenidos de las alturas del río.

### 5.2. Comparación ríos Uruguay y Paraná. Perspectiva 2008-2016

#### 5.2.1. Composición del Ictioplancton

Los resultados indican que existen diferencias marcadas en la composición del ictioplancton entre los ríos Uruguay y Paraná, pero al mismo tiempo estas son evidentes entre el tramo medio e inferior del río Uruguay.

Una diferencia que surge al visualizar la composición de los dos componentes principales de la fracción de estadios de desarrollo tempranos de peces que deriva en ambos ríos, es la mayor importancia relativa de los huevos en relación a las larvas totales en el río Uruguay (**Figura 30**). Esta diferencia podría explicarse posiblemente por tres razones. La primera es que como se observa en las **Figuras 31**, en el río Uruguay hay un predominio de larvas de especies de rango migratorio corto, por ejemplo, bagres de la Subfamilia *Pimelodinae* o bien de residentes como los sabalitos (Fam. *Curimatidae*) y las mojarras (Subfamilia *Tetragonopterinae*) en la deriva. Estos peces podrían estar representados por varias poblaciones o subpoblaciones, distribuidas a lo largo del eje norte-sur y por lo tanto sus desoves recientes, estar presentes en las distintas localidades. Esto es coherente con el hecho de que los huevos de pequeño tamaño (posiblemente de peces de estas categorías) constituyen una proporción relevante (~50 % en el tramo medio) cuando no dominante (90 % en el tramo inferior) del ictioplancton (**Figuras 6 y 12**). Al mismo tiempo, otro segundo factor que podría explicar dichas diferencias es la menor importancia relativa de la llanura de inundación en el río Uruguay, lo que implica que en alguno de los tramos muestreados puede pensarse que la distancia entre los ambientes que habitan dichas especies de rangos migratorios cortos y/o residentes este más próximo al canal principal, lo que haría más probable el ingreso de los estadios iniciales (huevos y larvas recién eclosionadas) de estas especies a la deriva. En cambio en el río Paraná un río con un mayor desarrollo de la llanura de inundación podría distribuir los hábitats de desove de muchas especies residentes a mayor distancia del canal principal. Por otra parte, es notable, el predominio de huevos de mayor diámetro en el ictioplancton del río Paraná (**Figuras 18 y 24**), lo que sugiere que los peces migratorios podrían estar distribuyendo sus desoves en zonas próximas a las localidades de muestreo disponibles. Esto es además coherente con el claro predominio de larvas desarrolladas de estas especies, especialmente sábalo, armados y bogas en el ictioplancton (**Figura 31**). Finalmente, en tercer lugar en el río Uruguay las localidades de muestreo están distribuidas en un eje longitudinal más extenso por lo que es posible que algunas de las mismas (las ubicadas más al norte) puedan estar más próximas a las zonas de desove.

Las diferencias en la composición del ictioplancton se exploraron también entre localidades durante el período 2008-2016, donde cada año muestreado fue considerado una observación. El análisis de componentes principales muestra gráficamente las diferencias más marcadas entre las localidades (**Figura 32**) y el análisis de varianza con permutaciones (PERMANOVA) las compara estadísticamente (**Tabla 8**). Aún con la variabilidad temporal que representan los diferentes límites de los escudos coloreados en la figura 4.32, pudo observarse que las localidades del río Uruguay, distribuidas mediante la proyección en el primer y segundo componentes hacia espacios con mayor peso relativo de los huevos en relación al río Paraná, son coherentes con una mayor proporción de huevos en el río Uruguay. Por otra parte, gradualmente el ordenamiento dispone a las localidades del río Uruguay desde espacios con mayor peso relativo de especies migratorias como el dorado, el surubí y en alguna medida boga y sábalo (Barra Concepción, Yapeyú, Monte Caseros, todas del tramo medio), hacia espacios con mayor peso relativo de las especies de peces migratorias de menor rango o residentes como bagres (Subfamilia *Pimelodinae*) y mojarras (Subfamilia *Tetragonopterinae*), hacia el sur Benito Legerén, Paysandú y Fray Bentos. Esto explica en forma gráfica la mayor preponderancia de los peces migratorios en el tramo medio del río Uruguay, y sólo de observar estos resultados podría plantearse que dichas poblaciones sean las más importantes en todo el río.

### **5.2.2. Análisis espacial del ictioplancton. Período 2008-2016**

Los resultados en base a las densidades medias (períodos 2013-2014 y 2014-2015) y medianas (2008-2016) para 6 y 4 localidades del río Uruguay, brinda información más

precisa acerca de las diferencias potenciales entre las poblaciones del tramo medio e inferior del río Uruguay. El hecho de que las densidades medias (**Figura 34**) y medianas (**Figura 35**) de larvas de peces migratorios hayan sido mayores en las localidades del tramo medio es coherente con la percepción basada en los porcentajes en la captura. Por otra parte, aún más riguroso es el resultado que surge de comparar las densidades medianas de Yapeyú (tramo medio) con las de Benito Legerén, Paysandú y Fray Bentos (tramo inferior), las que sometidas a un test estadístico no paramétrico arrojaron diferencias significativas (**Tabla 9**). Estos resultados abonan la hipótesis de que la abundancia de larvas en la mayoría de las localidades de muestreo de los tramos de distribución de larvas más avanzadas y más identificables son mayores en el tramo medio, muy probablemente en razón de que dichas poblaciones sean las más importantes en el río Uruguay. Esto parece ser bien claro para las especies de amplio rango migratorio como son el surubí y el dorado. En la totalidad de los años analizados (2009-2016), que involucran distintas condiciones hidrológicas, en las localidades del río Uruguay Medio se capturó un total de 553 dorados en 1.047 muestras, mientras que en el tramo Inferior, el número sólo fue de 82 en 2.063 muestras. Particularmente para el surubí (1.081 larvas en 1047 muestras en tramo medio versus 128 larvas en 2063 muestras en tramo inferior) esto fue más pronunciado dado que en muchos años, como por ejemplo en el período 2014-2015 (**Figura 11**), ni siquiera fue capturado en el tramo inferior, salvo en la localidad más próxima a la represa donde los individuos provienen desde el lago de Salto Grande, luego de pasar por vertederos y/o turbinas (Fuentes *et al*, 2016). Probablemente, el hecho de que las densidades medianas de sábalo y boga no hayan sido significativamente diferentes entre las localidades del tramo medio e inferior (**Tabla 9**) podría explicarse por el hecho de que existe un aporte reproductivo más relevante de estas especies desde el tramo medio al inferior producto de desoves cercanos aguas arriba de la represa que tal vez puedan sumarse o superponer a desoves de estas especies en el tramo inferior. Este podría ser el caso de los peces characiformes migratorios en general y es coherente con el hallazgo de especies en estado avanzado de maduración de dichas especies aguas abajo en las proximidades de la represa de Salto Grande. ***Los resultados apoyan la hipótesis de que las poblaciones de peces migratorias, especialmente de surubíes, posiblemente la de dorados, manguruyúes y bagre cucharón, y en alguna medida de sábalos y bogas, son más abundantes en el tramo medio del río Uruguay, lo que se expresa en valores mayores de densidad de sus larvas.***

### **5.2.3. Análisis temporal del ictioplancton. Período 2008-2016**

La dinámica temporal con mayor concentración de flujo de larvas durante el período primavera-verano temprano ocurrida durante los períodos 2014-2015 y 2015-2016, (**Figuras 6-11 y 12-17**) es coherente con la curva de flujo acumulado de larvas (**Figura 35**) que pondera los últimos 9 períodos anuales (2008-2016), la que muestra que la mayor parte (75 %) del flujo total anual de larvas ocurre entre octubre y enero.

Es oportuno mencionar que la opinión que puede escucharse por parte de los pescadores haciendo referencia a la presencia de individuos adultos “con huevos” e incluso a los resultados de análisis macroscópicos del grado de maduración (tabulados) de individuos provenientes de pesca experimental que en ocasiones reportan individuos maduros a fines de verano o incluso en otoño, no se contradice con los resultados obtenidos. Los resultados de muestreos de adultos en general muestran que siempre alguna fracción de los individuos puede dependiendo de la dinámica de los estímulos permanecer un tiempo en estado de maduración final (vitelogénesis completa), a la espera del estímulo hidrológico (Vazzoler, 1996; Vazzoler *et al*, 1997). De hecho se han capturado larvas de peces migratorios (usualmente en menor número) en marzo en el río Uruguay y en el río Paraná (Fuentes *et al*, 2011-2014) e incluso en invierno en el río Paraná Inferior (Fuentes, 1998). No obstante, normalmente el río presenta una buena cantidad de picos de inundación que sincroniza la

reproducción de los peces migratorios y en buena medida no migratorios en ambos ríos. Cuando estos estímulos ocurren con mucha frecuencia como en el período 2015-2016, los segmentos disponibles para reproducirse en el verano pueden ser escasos o estar ausentes. Por el contrario, es posible que en los veranos donde los estímulos de primavera son escasos, como ha ocurrido en una minoría de los años estudiados, se tienda a observar con mayor frecuencia individuos adultos en estado avanzado de maduración en verano, lo que usualmente contribuye a debate entre los pescadores y autoridades regulatorias en relación con la aplicación de los períodos de veda. Esta variabilidad, aunque existe, ha sido compensada en la curva de flujo acumulado (**Figura 35**) al promediar distintos años (incluso el 2014-2015 y 2015-2016) con distinta dinámica hidrológica. Por lo tanto, las fechas de corte del flujo anual de larvas al 75% pueden considerarse un elemento de juicio válido para el establecimiento de las vedas.

En cambio en el río Paraná suelen detectar buena parte del flujos de larvas durante el verano lo que es coherente con los resultados obtenidos del flujo acumulado promedio para el período 2008-2016 (**Figura 35**) donde el 75 % del mismo ocurre un mes y hasta dos meses con posterioridad a cuando este porcentaje se alcanza en el río Uruguay (**Tabla 10**). *Estos resultados brindan por primera vez datos consistentes que permiten establecer que, si bien la normativa común entre ambos ríos es una idea lógica y concebible, las relaciones ecológicas de las especies y sus ambientes específicos obligan a plantear el hecho de que algunos aspectos regulatorios como, entre otros los períodos de veda, demandan ser tratados individualmente en ambos ríos.*

#### **5.2.4. Índices de Abundancia Larval. Período 2000-2016**

Los índices de abundancia larval de sábalo alcanzaron valores por debajo de la media (18.500 millones de larvas.año<sup>-1</sup>) durante los tres últimos períodos de la serie 2000-2016. Para el caso de la boga los valores oscilaron alrededor de la media (19.700 millones de larvas.año<sup>-1</sup>) (**Figura 36**). Si bien es esperable que exista variabilidad en los índices producto del grado de sincronización de los desoves de un año a otro, es evidente que al menos para el sábalo vienen repitiéndose valores bajos desde hace tres años. *Aunque las tendencias no son por el momento marcadamente descendentes, no debería descartarse el hecho de que los individuos reclutados durante la inundación extraordinaria 2009-2010 que constituyeron en años anteriores la cohorte dominante en las capturas del río Uruguay (Informe CARU 2011-2014), comiencen a estar menos representados a consecuencia del proceso de explotación de la especie.* Es necesario destacar que es muy probable que en las capturas de adultos del bajo río Uruguay, parte de los efectivos puedan provenir del río Paraná donde, por lo que indican los valores de índices de abundancia de larvas, las poblaciones parecen no haber sufrido por el momento un detrimento considerable (**Figura 36**). En el río Paraná los índices de sábalo y boga, aunque oscilando tienden a promediar valores razonables y en muchos casos por sobre la media, particularmente desde la creciente del 2009-2010, período en el que también ingresó una cohorte supernumeraria.

Los dorados y surubíes constituyen casos particulares, dado que debido a su baja abundancia en el río Uruguay inferior los índices son erráticos. Particularmente esto se observa en el caso del surubí como surge de analizar las distribuciones espaciales en el presente informe. En cambio en el río Paraná, los índices de abundancia larval de dorados y surubíes son mucho más robustos y nunca nulos. En este sentido, es importante determinar el nivel de superposición adultos de las poblaciones de estos y otros peces migratorios del río Uruguay y Paraná a partir de muestras de tejidos provenientes de los desembarcos del río Uruguay. Esto podrá ofrecer respuestas de en qué medida eventuales contracciones en los tamaños poblacionales de las poblaciones propias del río Uruguay podrían ser compensadas por efectivos provenientes del río Paraná.

El caso de los armados, constituye un caso que amerita especial atención dado que luego de los episodios de mortandades masivas de este grupo de especies (armado común *Pterodoras granulosus*, armado chanco *Oxydoras kneri*., armado marieta *Rhinodoras dorbignyi*) en 2004 y 2005 en el río Paraná, la abundancia de este grupo de especies como adulto se resintió marcadamente en ambos ríos. Esto último constituyó una evidencia importante en el sentido de que existe una marcada superposición de poblaciones y un grado de vinculación de las pesquerías de toda la baja Cuenca del Plata. En los años inmediatos a dicho episodio de mortandad en el Programa de Conservación de la Fauna Ictica y los recursos Pesqueros de CARU, se reportó que la abundancia de larvas y adultos de armado tendió a oscilar en niveles bajos durante 3-4 años en ambos ríos, por lo que CARU consideró adecuado incorporar al este grupo de especies a la lista de especies con prohibición total de pesca (CARU Resolución 59/12, 20 de diciembre 2012). Durante los últimos años los índices de abundancia larval de armados en el río Uruguay vienen manifestando cierto grado de recuperación con valores próximos a la mediana histórica; dicha recuperación es aún más pronunciada en el río Paraná, con valores por sobre la media. ***Los resultados de flujo de larvas de armados ameritan que se realice un análisis de los mismos en conjunto con los datos de capturas experimentales de adultos y datos de desembarco de estas especies; de esta forma se podrá considerar la continuidad de este grupo en la lista de especies para las que en el ámbito de aplicación de CARU se mantiene prohibida la pesca.***

#### **5.2.5. Índices de Abundancia Larval, CPUE de Adultos y Capturas Comerciales de Sábalo**

Para el sábalo *Prochilodus lineatus* los valores de abundancia larval y densidad media, lucen claramente relacionados con los de captura por unidad de esfuerzo de adultos (CPUE) y asociados con la magnitud los desembarcos estimados para los ríos Uruguay (0,1 larvas m<sup>3</sup>, ~ 3000 t) y Paraná (3 larvas m<sup>3</sup> y ~25.000 t) (**Figura 37**). Valores en la misma escala de asociación parecen registrarse en el río Magdalena, donde las capturas estimadas anuales de “bocachico” *Prochilodus magdalenae*, una especie iliófaga afín con el sábalo, se han reportado como de 40.000 t en 9 años (FAO, 2015) (equivalentes a 3.800 t por año); para este río las densidades de larvas de esta especie reportadas por (Pareja-Carmona *et al*, 2014) fueron de 0,1-0,2 larvas m<sup>3</sup>. Una relación entre densidad de larvas y captura en toneladas relativamente proporcional aunque con magnitudes menores podría reconstruirse al comparar los datos de densidad media de larvas de *P. lineatus* en el alto río Paraná en Brasil donde (Barzotto *et al*, 2015) reportaron en promedio 0,015 larvas m<sup>3</sup> y los desembarcos según (Agostinho & Gomez, 2009) fueron estimados en el orden de las 200 t anuales. ***Esta proporcionalidad provee evidencia en el sentido de que los índices de abundancia de larvas de peces migratorios y en particular de especies del género Prochilodus que derivan por los cursos principales año tras año, tienen en muchos casos valor predictivo y pueden tomarse como punto de referencia de los rendimientos potenciales de pesca en un sistema dado en el rango de órdenes de magnitud. Por otra parte, los resultados muestran que contemplando las oscilaciones producidas por el contexto hidrológico de sincronización de la reproducción, los índices basados en abundancia de larvas pueden aportar datos relevantes acerca de las poblaciones de sábalo, independientes de los relevamientos realizados sobre peces adultos tanto a partir de desembarcos o de datos basados de pesca experimental.*** Esta información está en línea con las marcadas declinaciones en la abundancia de larvas reportadas para algunas especies marinas durante grandes reducciones de la biomasa de adultos (Hunter y Lo, 1993; Keller *et al.*, 1999; Gledhill & Lyczkowski-Shultz, 2000, Moser *et al.*, 2001, Hsieh *et al.*, 2006).

*Los datos de índices de abundancia larval se constituyen a partir de la evaluación de individuos siempre pertenecientes a las poblaciones de origen; por lógica, esto implica que en prospecciones de genética de poblaciones, dichos datos no presentan las dificultades asociadas con la determinación de origen de los efectivos de adultos de especies migratorias con poblaciones superpuestas, como es el caso de los peces de este grupo que habitan los tramos inferiores de los ríos Uruguay y Paraná. Esto explica que las investigaciones sobre estadios de desarrollo temprano dan información acerca de la distribución e importancia relativa de cada una de las poblaciones.*

## 6. CONCLUSIONES

- 1) Los resultados apoyan la hipótesis de trabajo (H1) al encontrarse que: ***“la magnitud de la abundancia de larvas de sábalo Prochilodus lineatus en la deriva es proporcional a las capturas de peces adultos, tanto experimental (CPUE) como comercial (toneladas) estimada para los ríos Uruguay y Paraná. Dichos resultados son coherentes con datos semejantes para la misma, o especies afines, provenientes de otros sistemas sudamericanos.”***. Esto permite plantear que los IAL son puntos de referencia de utilidad en la evaluación de especies migratorias sometidas a explotación.
- 2) Los datos que surgen de este informe son consistentes con las hipótesis (H2) dado que ***“el flujo de larvas estuvo usualmente asociado a incrementos hidrométricos tanto en el río Uruguay como en el río Paraná”***. No obstante, es necesario explorar la influencia de las lluvias locales sobre la sincronización final de la actividad reproductiva de los peces migratorios contrastando los datos de flujo de huevos y larvas con registros pluviométricos disponibles, los que podrían tener algún efecto en situaciones de niveles hidrométricos moderados, como los observados en el río Paraná durante 2014-2015.
- 3) Para los períodos 2014-2016, en el río Uruguay los datos de índices de abundancia de larvas de sábalo y en parte los de boga se ubicaron en los valores mínimos de la serie construida desde el 2000. Esto podría reflejar cierto grado de contracción de las poblaciones luego del ingreso de la cohorte fuerte de 2009-2010 y posterior proceso extractivo desde 2012.
- 4) Los datos obtenidos en los últimos años mostraron que los valores medios y medianos de la densidad de larvas de dorado, surubí, manguruyú y bagre cucharón fueron significativamente mayores en el tramo medio que en el inferior del río Uruguay (H3). Posiblemente, exista superposición de desoves de sábalo, boga y dorado ocurridos en el tramo medio e inferior.
- 5) Los datos sugieren que es posible que ***existan poblaciones de peces migratorios de sábalo, boga y dorado que completan su ciclo de vida en el tramo inferior del río Uruguay y que localicen sus desoves aguas abajo de la represa de Salto Grande (H4), no obstante los datos son consistentes en que posiblemente las mismas sean de menor tamaño que las del tramo medio”***.

## 7. RECOMENDACIONES

De los datos disponibles y resultados elaborados surgen las siguientes recomendaciones:

- 1) De los resultados se desprende que es necesario atender a la evolución de los índices de abundancia de los distintos segmentos poblacionales y de los desembarcos de estas especies en los años subsiguientes en el río Uruguay. Es particularmente importante determinar el alcance que ha tenido la fuerza de la cohorte 2015-2016, la cual se especula



podría no haber sido tan importante como la ocurrida en 2009-2010, según lo observado en los relevamientos con redes agalleras (Ver capítulo informes Relevamiento Ictiofauna).

2) Avanzar en la capacidad de identificación de estadios tempranos de desarrollo de peces, con la ayuda de desoves de ejemplares adultos, captura de larvas y cría en laboratorio, y por técnicas de identificación molecular.

3) Desarrollar estudios de la dinámica de los estadios larvales de las especies de interés económico y ecológico, mediante la determinación de edades y el crecimiento de los estadios de desarrollo temprano.

4) Determinar las diferencias entre poblaciones a nivel molecular a partir de estadios larvales provenientes de los ríos Uruguay y Paraná.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Agostinho A. A., A. E. A. de Vazzoler, L. C. Gomes & O. Okada. 1993. Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas fases del ciclo de vida, en la planicie de inundación del alto río Paraná y embalse de Itaipú, Paraná, Brasil. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 26 (1): 79-90.
- Ahlstrom E. H. & H. G. Moser. 1976. Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations and in fisheries. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 40(3-4): 379-398.
- Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26: 32-46.
- Barzotto, E., P. V. Sanches, A. Bialecki, L. Orvati & L. C. Gomes. 2015. Larvae of migratory fish (Teleostei: Ostariophysi) in the lotic remnant of the Paraná River in Brazil. *Zoologia*, 32 (4): 270-280.
- Bonetto A.A., Pignalberi C., Cordivola E. & Oliveros O. 1971. Informaciones complementarias sobre migraciones de peces en la Cuenca del Plata. *Physis*. 30 (81): 505-520.
- Bonetto AA. 1963. Investigaciones sobre migraciones de peces en los ríos de la Cuenca del Plata. *Ciencia e Invest.* 19(1-2): 12-26.
- Bonetto, A. A., M. Cannon Veron & D. Roldán. 1981. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de peces en el río Paraná. *Ecosur*, 8:29-40.
- Brown, D. R. & C. M. Fuentes 2010. Daily increments in otoliths of sábalo *Prochilodus lineatus* larvae. *J App. Ichthyology*. Volume 26(1), 123 – 125.
- Cada, G. F. & G. L. Hergenrader 1978. An assessment of sampling mortality of larval fishes. *Transactions of the American Fisheries Society* 107: 269-274.
- Pareja-Carmona M. I., L. F. Jiménez-Segura & L. E. Ochoa-Orrego. 2014. Variación espacio-temporal de las larvas de tres especies de peces migratorios en el cauce del río Magdalena (Colombia), durante el ciclo hidrológico 2006-2007. *Actual Biol Volumen 36 / Número 100*.
- Dai, A. M. & K. E. Trenberth. 2002. Estimates of freshwater discharge from continents: latitudinal and seasonal variations. *Journal of Hydrometeorology* 3: 660-687.
- Daniel W, W. 1978. *Applied nonparametric statistics*. Houghton Mifflin, Company. Usa, 503 pp.
- DeGrandchamp KL, Garvey J. & Csoboth LA. 2007. Linking adult reproduction and larval density of invasive carp in a large river. *Transactions of the American Fisheries Society* 136: 1327-1334.

- Espinach Ros A, Sverlij S, Amestoy F. & Spinetti M. 1998. Migration páttem of the sábalo *Prochilodus iineatus* (Pisces, Prochilodontidae) tagged in the lower Uruguay river. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26:2234-2236.
- Espinach Ros, A. & C. M. Fuentes. 2001. Recursos Pesqueros y Pesquerías de la Cuenca del Plata. En Bezzi, S; Akselman, R. y Boschi, E. Síntesis del Estado de las Pesquerías Marítimas Argentinas y de la Cuenca del Plata. Años 1997-1998, con una actualización de 1999. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata. Argentina.
- FAO, 2015. Colombia, la pesca en cifras. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. Bogotá, 2015.
- Fuentes, C. M. 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. Diciembre de 1998.
- Fuentes C. M. & A. Espinach Ros 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, Marzo de 2007, Capítulo Informe CARU 2007.
- Fuentes C. M. M. I. Gómez, J. Salva, Y. Piazza, I. Lozano & S. Llamazares. 2014. Reproducción de peces migratorios estimada por el flujo de larvas. Monitoreo de índices de abundancia larval (IAL) durante el período 2011-2013. Programa de conservación de la fauna ictica y los recursos Pesqueros del río Uruguay. Informe Bienal 2012-2013.
- Fuentes C. M., F. Quiroga, J. Salva, & A. Espinach Ros 2009. Reproducción de Peces Migratorios. Programa de conservación de la fauna ictica y los recursos Pesqueros del río Uruguay. Informe anual 2008: 59-94.
- Fuentes C. M., M. I. Gómez, J. Salva, D. R. Brown & A. Espinach Ros. 2012. Reproducción de Peces Migratorios. Programa de conservación de la fauna ictica y los recursos Pesqueros del río Uruguay. Informe Bienio 2010-2011. 79-127.
- Fuentes C. M., M. I. Gómez, J. Salva, S. Llamazares, A. Arcelus, D. R. Brown & A. Espinach Ros. 2012b. Downstream Passage Of Fish Larvae At Salto Grande Dam, Uruguay River". 36th Annual Larval Fish Conference 1 - 6 July 2012 Bergen, Norway.
- Fuentes, C. M., Gómez, M. I., Brown, D. R., Arcelus, A. & Espinach Ros, A. 2016. Downstream Passage of Fish Larvae at the Salto Grande Dam on the Uruguay. *River. River Res. Applic.* 32: 1879-1889.
- Gale, W. F. & H. W. Mohr Jr. 1978. Larval fish drift in a large river with a comparison of sampling methods. Transactions of the American Fisheries Society 107: 46-55.
- Gledhill, C.T. & J. Lyczkowski-Shultz. 2000. Indices of larval king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) abundance in the Gulf of México for use in population assessments. Fisheries Bulletin, 98: 684-691.
- Gogola T. M.; V. S. Daga; P. R. L. da Silva, P. V. Sanches, É. A. Gubiani, G. Baumgartner & R. L. Delariva. 2010. Spatial and temporal distribution patterns of ichthyoplankton in a region affected by water regulation by dams. Neotropical Ichthyology, 8(2):341-349.
- Gómez, M. I., Calcagno, J. A. & Fuentes, C. M. 2011. Assessment of an ichthyoplankton net operated at different velocities and durations in the Paraná River. Journal of Applied Ichthyology, 27: 1259–1264.
- Goulding, M., 1980. The fishes and the forest: Explorations in Amazonian natural history. University of California Press, Los Angeles, 200p

- Hjort J. 1914. Fluctuations in the great fisheries of Northern Europe. Conseil Permanent International Pour L'Exploration De La Mer. Rapports et Proces-Verbaux, 20: 1–228, 1914)
- Hsieh, C.; Reiss C. S., Hunter J. R.; Beddington J. R.; May, R. M. & G. Sugihara. 2006. Fishing elevates variability in the abundance of exploited species. *Nature*. 443, 859-862.
- Hunter, J. R., & Lo, H. 1993. Ichthyoplankton methods for estimating fish biomass introduction and terminology. *Bulletin of Marine Science*, 53: 723–727.
- Keller, A.A., G. Klein-MacPhee & J. St. Onge-Burns. 1999. Changes in abundance and distribution of ichthyoplankton in Narragansett Bay, RI - A response to changes in environmental quality? *Estuaries*, 22(1): 149-163.
- Legget W. C. & E. Deblois. 1994. Recruitment in marine fishes: Is it regulated by starvation and predation in the egg and larval stages? *Netherlands Journal of Sea Research*. 32(2), 119-134.
- Marcy, B. C., 1973. Vulnerability and survival of young Connecticut River fish entrained at a nuclear power plant. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30: 1195-1203.
- Moser, H. G., R. L. Charter, W. Watson, D. A. Ambrose, K. T. Hill, P. E. Smith, J. L. Butler, E. N. Sandknop & S. R. Charter 2001 The calcofi ichthyoplankton time series: potential contributions to the management of rocky-shore fishes. *CalCOFI Rep.*, Vol. 42, 2001
- Moser, H.G., R.L. Charter, W. Watson, D.A. Ambrose, J.L. Butler, S.R. Charter & E.M. Sandknop. 2000. Abundance and distribution of rockfish (*Sebastes*) larvae in the Southern California Bight in relation to environmental conditions and fishery exploitation. *California Cooperative Oceanic Fisheries investigations. Reports*, 41: 132–148.
- Motodo, S. 1959. Devices of simple plankton apparatus. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, 7:73-94.
- Nakatani, K.; Agostinho, A. A.; Baumgartner, G.; Bialletzki, A.; Sanches, P. V.; Makrakis, M. C. & Pavanelli, C. S. 2001. *Ovos e larvas de peixes de agua-doce: desenvolvimento e manual de identificação*. Editora da Universidade de Maringá, Maringá, Paraná, Brazil, 378 pp.
- Olusegun AS. 2011. Reproduction and Breeding Cycle of Some Commercially Important Fish Species in Gbedikere Lake, Bassa, Kogi State, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition* 10 (4): 328-331.
- Pavlov, D. S., 1994. The downstream migration of young fishes in rivers: mechanisms and distribution. *Folia Zoologica*, 43: 193-208.
- Pelicice F. M. & A. A. Agostinho. 2008. Fish-Passage Facilities as Ecological Traps in Large Neotropical Rivers. *Conserv Biol*. 2008 22(1):180-8.
- Poulsen, A. F. 2000. Fish Movements and their implication for River Basin Management in the Mekong River Basin. MRC Fisheries Programme, Mekong River Commission, P.O. Box 7980 Vientiane, Lao PDR.
- Quirós, R & S. Cuch. 1989: The fisheries and limnology of the lower Plata Basin. In: D. P. Dodge (Ed.) *Proceedings of the International Large River Symposium*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106:429-443.

- Storck, T. W.; Dufford, D. W. & K. T. Clement. 1978. The distribution of limnetic fish larvae in a flood control reservoir in central illinois. Transactions of the American Fisheries Society 107: 419-424.
- 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, FAO. 64 p.
- van der Lingen, C. D., J. A. Huggett, .H. L. Browman & A. B. Skiftesvik 2003. The role of ichthyoplankton surveys in recruitment research and management of South African anchovy and sardine. The Big Fish Bang. Proceedings of the 26th Annual Larval Fish Conference, 2003 Bergen Institute of Marine Research (pg. 303 – 343 ).
- Vazzoler AEM.1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM/Nupélia. 116p.
- Vazzoler, A. E. A. M., A. A. Agostinho, & N. S. A. Hahn. 1997. A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Editora da Universidade Estadual de Maringá, 1997.768p.
- Walburg, C. H. & Nelson, W.R. 1966. Carp, river carpsucker, smallmouth buffalo and bigmouthbuffalo in Lewis and Clarke Lake, Missouri River. United States Bureau of Sport Fisheries and Wildlife Research Report 69.
- Welcomme R.L. & Halls A., 2003. Dependence of tropical river fisheries on flow. In Welcomme R.L. & Petr T. (Eds.) Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries Volume 2.
- Welcomme, R.L. 2001. Inland fisheries: Ecology & Management. Blackwell Science. 378 pp.
- Welcomme, R.L. 1985. River Fisheries. FAO Fish. Tech. Pap. No. 262. FAO, Rome.