



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura

Tesis para la obtención del Grado Académico de Doctor de la UNNE en Biología

**EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA
ESPACIAL Y TEMPORAL DEL
ICTIOPLANCTON EN LA ZONA DE
CONFLUENCIA DE LOS RÍOS PARANÁ
Y PARAGUAY.**

Lic. Antonio de la Cruz Cáceres

Director de Tesis: Dr. Carlos Mariano Fuentes

Co-director de Tesis: Dr. Sebastián Sánchez

Lugar de realización: INSTITUTO DE ICTIOLOGÍA DEL NORDESTE (INICNE)



-2020-

AGRADECIMIENTOS

Dedicado a mis dos seres queridos más apreciados en el universo, **DANTE** y **MATEO**.

A mi compañera de vida **CECILIA**, alias **Tety**, por el empuje, antes y durante la realización de la tesis y a su familia que estuvieron presente.

A mis padres, **TRÁNSITO** y **MABEL**, y a mi hermana **MILAGRITO**, por el apoyo incondicional.

Al **CONICET**, por darme la oportunidad de llevar a cabo un trabajo de investigación mediante su apoyo económico.

A mi director **CARLOS FUENTES** y co-director **SEBASTIÁN SÁNCHEZ** por la guía constante en mi formación académica y la paciencia infinita.

A la **Dirección de Recursos Naturales** de la Provincia de Corrientes y a la **Dirección de Fauna, Parques y Ecología** de la Provincia de Chaco.

A mi lugar de trabajo, el **INICNE**, y a todo su personal.

A mis amigos, compañeros de trabajo y demás familiares que estuvieron siempre.

Resulta imposible mencionar a todas las personas que de alguna manera colaboraron o estuvieron presente durante el proceso de elaboración de la tesis, por lo cual pido disculpas si no los menciono directamente, sólo les digo “**MIL GRACIAS A TODOS/AS**”.

ÍNDICE GENERAL

Resumen	11
Abstract.....	12
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
1. – Introducción General.....	14
1.1. El río Paraná.....	16
1.2. El río Paraguay.....	18
1.3. Peces de Interés Comercial y/o Deportivo.....	19
1.4. Estrategias Reproductivas de los Peces Migradores.....	24
1.5. Clasificación e Identificación del Ictioplancton.....	25
1.6. Represas e Impacto Ambiental.....	26
1.7. Represa Hidroeléctrica Yacyretá.....	30
1.8. Justificación de la Investigación.....	34
1.9. Preguntas.....	36
1.10. Hipótesis.....	37
1.11. Objetivos de la Investigación.....	38
1.12. Predicciones.....	39
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
2.1. Sitios de Muestreo.....	42
2.2. Transectas.....	47
2.3. Variables Físico–Químicas e Hidrológicas.....	49
2.4. Muestreo del Ictioplancton.....	49
2.5. Procesamiento y Registro del Material Colectado.....	54
2.6. Larvas de Peces de Interés Comercial y/o Deportivo.....	56
2.7. Análisis Estadísticos.....	59

CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....	64
3.1. Abundancia del Ictioplancton.....	65
3.2. Variables Físico–Químicas e Hidrológicas.....	69
3.3. Análisis Multivariado.....	71
3.3.1. Análisis de Correlación Canónica (ACC).....	71
3.3.2. Análisis de Componentes Principales (ACP).....	73
3.4. Transectas.....	76
3.4.1. Ictioplancton.....	76
3.4.2. Variables Físico–Químicas e Hidrológicas.....	82
3.5. Variación Temporal del Ictioplancton.....	86
3.6. Precipitaciones y Caudal de los Ríos Paraná, Paraguay y Bermejo.....	91
3.7. Variación Temporal de Larvas de Peces de Interés Comercial y/o Deportivo y Precipitaciones.....	93
3.8. Análisis de Correlación entre Huevos de Peces y Larvas de Peces de Interés Comercial y/o Deportivo y Variables Ambientales.....	110
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN y CONCLUSIÓN.....	114
4. – Discusión.....	115
4.1. Dorado.....	116
4.2. Surubí.....	118
4.3 Bogas y Sábalo.....	122
4.4 Peces en General.....	124
4.4.1. Río Paraná.....	124
4.4.2. Río Paraguay.....	126
4.5. Plumas de Agua en Ambas Márgenes del Río Paraná.....	128
4.6. Variables de Calidad del Agua.....	130

4.7. Fenología de la Reproducción.....	131
4.8. Recomendaciones.....	134
5.Conclusiones.....	137
6. Bibliografía.....	138
Anexos.....	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características relacionadas a la alimentación y la reproducción de algunas especies de interés comercial y/o deportivas del río Paraná.....	21
Tabla 2. Promedios de la densidad de huevos de peces en general, larvas totales y de larvas de peces de los cuatro grupos de interés comercial y/o deportivo comparadas entre los sitios de Corrientes y Puerto Antequera y test de Wilcoxon.....	69
Tabla 3. Promedios estimados para las variables de calidad del agua medidas en los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera y valores empleados en la comparación de datos pareados de Wilcoxon.....	70
Tabla 4. Valores Propios de las Correlaciones Canónicas y los porcentajes de la variabilidad explicada.....	72
Tabla 5. Valores Propios de las Componentes Principales y los porcentajes de la variabilidad explicada.....	73
Tabla 6. Valores estimados para la pendiente de regresión (análisis de regresión lineal simple) entre los scores de cada muestra obtenidos para los tres primeros componentes principales y el caudal de los ríos Paraná, Paraguay, Bermejo, la temperatura del agua, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y el pH.....	74
Tabla 7. Promedios estimados para las variables de calidad de agua en los cinco puntos	

de muestreo durante las tres transectas realizadas en el río Paraná a la altura del eje Corrientes–Puerto Antequera.....	82
Tabla 8. Correlaciones entre densidades promedio de huevos de peces en general, larvas de bogas, sábalo, dorado, surubí y variables ambientales durante primavera–verano de 2012–2013.....	111
Tabla 9. Correlaciones entre densidades promedio de huevos de peces en general, larvas de bogas, sábalo, dorado, surubí y variables ambientales durante primavera–verano de 2013–2014.....	112
Tabla 10. Correlaciones entre densidades promedio de huevos de peces en general, larvas de bogas, sábalo, dorado, surubí y variables ambientales durante primavera–verano de 2014–2015.....	113
Tabla I en Anexos. Fechas de los muestreos realizados en el sitio Corrientes.....	154
Tabla II en Anexos. Fechas de los muestreos realizados en el sitio Puerto Antequera.....	155
Tabla III en Anexos. Fechas de los muestreos realizados en el sitio Paso de la Patria..	156
Tabla IV en Anexos. Fechas de los muestreos realizados en el sitio Las Palmas.....	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuenca del río Paraná.....	17
Figura 2. <i>Megaleporinus obtusidens</i> , <i>Prochilodus lineatus</i> y <i>Salminus brasiliensis</i>	22
Figura 3. <i>Piaractus mesopotamicus</i> , <i>Brycon orbignyanus</i> , <i>Hoplias</i> sp. y <i>Plagioscion ternetzi</i>	22
Figura 4. <i>Pseudoplatystoma corruscans</i> , <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> y <i>Zungaro jahu</i>	23
Figura 5. <i>Sorubim lima</i> y <i>Luciopimelodus pati</i>	23

Figura 6. Represa Hidroeléctrica Yacyretá situada en Ituzaingó, provincia de Corrientes, Argentina.....	28
Figura 7. Represa Hidroeléctrica Yacyretá.....	32
Figura 8. Sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera en el río Paraná, límite entre las provincias de Corrientes y Chaco, Argentina.....	44
Figura 9. Sitio de muestreo Paso de la Patria en el río Paraná, próximo a la confluencia con el río Paraguay, Corrientes, Argentina.....	45
Figura 10. Sitio de muestreo Las Palmas en el río Paraguay, Chaco, límite con Paraguay, Argentina.....	46
Figura 11. Puntos de muestreo de transectas.....	48
Figura 12. Red de ictioplancton.....	52
Figura 13. Sistema de muestreo para la captura del ictioplancton.....	53
Figura 14. Muestra sin procesar en cápsula de Petri.	56
Figura 15. Huevos y larvas de peces sin restos de material de deriva.....	56
Figura 16. Clasificación de larvas de bogas en estadio de pre-flexión.....	57
Figura 17. Clasificación de larvas de sábalo en estadio de pre-flexión.....	57
Figura 18. Larva de dorado en estadio de pre-flexión.....	58
Figura 19. Estadios temprano del desarrollo del surubí.....	59
Figura 20. Larvas de boga, sábalo y dorado en pre-flexión.....	67
Figura 21. Larvas de surubí en estadios de pre-flexión tardía y flexión.....	67
Figura 22. Distribución porcentual de larvas de especies de interés comercial y/o deportivo discriminada por sitio de muestreo.....	68
Figura 23. Análisis de correlación Canónica en 3 sitios de muestreo.....	72
Figura 24. Análisis de Componentes Principales de los elementos del ictioplancton identificados en los cuatro sitios de muestreo.....	75

Figura 25. Transecta de marzo de 2013. Densidad promedio de huevos y larvas.....	76
Figura 26. Transecta de marzo de 2013. Densidad promedio de larvas de interés.....	77
Figura 27. Transecta de octubre de 2014. Densidad promedio de huevos y larvas.....	78
Figura 28. Transecta de octubre de 2014. Densidad promedio de larvas de interés.....	79
Figura 29. Transecta de enero de 2015. Densidad promedio de huevos y larvas.....	80
Figura 30. Transecta de enero de 2015. Densidad promedio de larvas de interés.....	81
Figura 31. Imágenes del satélite Landsat 7. Imágenes panorámicas y en detalle de la desembocadura del río Bermejo en el río Paraguay y de este último en el río Paraná (2013)	83
Figura 32. Imágenes del satélite Landsat 8. Imágenes panorámicas y en detalle de la desembocadura del río Bermejo en el río Paraguay y de este último en el río Paraná (2014)	83
Figura 33. Imágenes del satélite Landsat 7. Imágenes panorámicas y en detalle de la desembocadura del río Bermejo en el río Paraguay y de este último en el río Paraná (2015)	83
Figura 34. Valores de caudales diarios 30 días anterior y posterior correspondientes a las fechas de cada transecta.....	85
Figura 35. Densidad promedio mensual de huevos y larvas en Corrientes.....	87
Figura 36. Densidad promedio mensual de huevos y larvas en Puerto Antequera.....	88
Figura 37. Densidad promedio mensual de huevos y larvas en Paso de la Patria.....	89
Figura 38. Densidad promedio mensual de huevos y larvas en Las Palmas.....	90
Figura 39. Caudal promedio semanal del río Paraná en Puerto Corrientes y en la zona de la Represa Hidroeléctrica Yacyretá y precipitaciones	92
Figura 40. Caudal promedio semanal del río Paraguay en Puerto Pilcomayo y del río Bermejo y precipitaciones.....	93

Figura 41. Densidad semanal promedio de larvas de bogas en los sitios Corrientes y Puerto Antequera durante los tres ciclos primavera-verano 2012-2015.....	97
Figura 42. Densidad semanal promedio de larvas de bogas en los sitios Paso de la Patria y Las Palmas durante los tres ciclos primavera-verano 2012-2015.....	98
Figura 43. Densidad semanal promedio de larvas de sábalo en los sitios Corrientes y Puerto Antequera durante los tres ciclos primavera-verano 2012-2015.....	101
Figura 44. Densidad semanal promedio de larvas de sábalo en los sitios Paso de la Patria y Las Palmas durante los tres ciclos primavera-verano 2012-2015.....	102
Figura 45. Densidad semanal promedio de larvas de dorado en los sitios Corrientes y Puerto Antequera durante los tres ciclos primavera-verano 2012-2015.....	104
Figura 46. Densidad semanal promedio de larvas de dorado en los sitios Paso de la Patria y Las Palmas los tres ciclos primavera-verano 2012-2015.....	105
Figura 47. Densidad semanal promedio de larvas de surubí en los sitios Corrientes y Puerto Antequera durante los tres ciclos primavera-verano 2012-2015.....	108
Figura 48. Densidad semanal promedio de larvas de surubí en los sitios Paso de la Patria y Las Palmas durante los tres ciclos primavera-verano 2012-2015.....	109
Figura 49. Esquema de la deriva del ictioplancton en general y principalmente de larvas de dorado y surubí.....	135
Figura 50. Esquema de la deriva del ictioplancton en general y principalmente de larvas de bogas y sábalo.....	136
Figura I en Anexos. Promedio mensual del caudal y nivel hidrométrico del río Paraná a la altura de Corrientes Capital.....	157
Figura II en Anexos. Promedio mensual de la temperatura del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera.....	157

Figura III en Anexos. Promedio mensual de la conductividad eléctrica del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera.....	158
Figura IV en Anexos. Promedio mensual de la turbidez del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera.....	158
Figura V en Anexos. Promedio mensual de la transparencia del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera.....	159
Figura VI en Anexos. Promedio mensual de la saturación de oxígeno del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera.....	159
Figura VII en Anexos. Promedio mensual del pH del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera.....	160
Figura VIII en Anexos. Larva de la familia Curimatidae en estadio de pre-flexión...	161
Figura IX en Anexos. Larva de la familia Cynodontidae en estadio de pre-flexión...	161
Figura X en Anexos. Larva de la familia Pimelodidae (Subfamilia Luciopimelodinae) en estadio de flexión.....	161
Figura XI en Anexos. Larva de la familia Pimelodidae (Subfamilia Pimelodinae) en estadio de flexión.....	162
Figura XII en Anexos. Larva de la familia Pimelodidae (Subfamilia Sorubiminae, <i>Sorubim lima</i>) en estadio de flexión.....	162
Figura XIII en Anexos. Larva de la familia Sciaenidae en estadio de flexión.....	162

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue evaluar la importancia de los ríos Paraná y Paraguay en la reproducción de las especies de interés comercial y/o deportivo. Para esto, se propuso estudiar la dinámica espacial y temporal del ictioplancton aguas arriba y abajo de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay, y establecer relaciones entre las variaciones de deriva de huevos y larvas, las variables ambientales de calidad del agua, y su vinculación con la Represa Hidroeléctrica Yacyretá. Las muestras se colectaron en ambas márgenes del río Paraná en dirección del eje Corrientes–Puerto Antequera (Paraná medio), frente a la ciudad de Paso de la Patria (Corrientes, Alto Paraná) y en cercanía a la ciudad de Las Palmas (Chaco, río Paraguay). La reproducción de los peces ocurrió principalmente entre septiembre–abril, asociada a incrementos hidrométricos y en ocasiones también a precipitaciones abundantes ocurridas aguas arriba; por el contrario, dichas condiciones no estimularon la reproducción durante los dos inviernos muestreados. Se colectaron 5127 huevos y 43097 larvas, de las cuales alrededor del 10% correspondió a especies de interés comercial y/o deportivo del total. Las densidades promedio de huevos y larvas totales en el río Paraná fueron significativamente mayores en Puerto Antequera. Entre las especies de interés comercial y/o deportivo, las densidades de larvas de bogas, sábalo y surubí fueron significativamente mayores en Puerto Antequera, y la de dorado fue mayor en Corrientes. Se encontró evidencia que indica que las zonas próximas a la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay son áreas de reproducción independientes para las bogas, el sábalo y el surubí. La reproducción del dorado solo se pudo evidenciar en el alto Paraná. Los resultados presentados en este trabajo de investigación pueden ser útiles para la toma de decisiones futuras orientadas al manejo y la conservación de los recursos ícticos vinculados con el cuidado de las posibles zonas de desoves susceptibles a las alteraciones antrópicas.

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the importance of the Paraná and Paraguay rivers in the reproduction of species of commercial and/or sports interest. For this, it was proposed to study the spatial and temporal dynamics of the ichthyoplankton upstream and downstream of the confluence of the Paraná and Paraguay rivers and to establish relationships between the drift variations of eggs and larvae, the environmental variables of water quality, and their linkage with the Yacyretá Hydroelectric Dam. The samples were collected on both banks of the Paraná river in the direction of the Corrientes-Puerto Antequera axis (middle Paraná), in front of the city of Paso de la Patria (Corrientes, Alto Paraná) and near the city of Las Palmas (Chaco, Paraguay river). Fish reproduction occurred mainly between September–April, associated with hydrometric increases and sometimes also with abundant rainfall that occurred upstream; otherwise, these conditions did not stimulate reproduction during the two sampled winters. In this study, 5127 eggs and 43097 larvae were collected, of which around 10% corresponded to species of commercial and/or sports interest of the total. The average densities of eggs and total larvae in the Paraná River were significantly higher in the Puerto Antequera site. Among the species of commercial and/or sport interest, the densities of larvae of bogas, sábalo and surubí were significantly higher in Puerto Antequera, and that of dorado was higher in Corrientes. Evidence was found that areas close to the sampling sites in the Paraná and Paraguay rivers are independent breeding areas for species as bogas, sábalo and surubí. The reproduction of dorado could only be evidenced in the upper Paraná. The results presented in this research may be useful for making future decisions aimed at the management and conservation of fish resources related to the care of possible spawning areas susceptible to anthropic alterations.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1. – INTRODUCCIÓN GENERAL

Los estudios de ictioplancton tienen gran importancia en el aporte de conocimiento general sobre la biología, la ecología y la sistemática de los peces, principalmente aquellos relacionados a las variaciones ontogenéticas en la morfología, crecimiento, alimentación, comportamiento y mortalidad. Desde el punto de vista pesquero, contribuyen a la detección de nuevos stocks o evaluación de stocks ya estudiados, identificación de áreas de desove y sitios de cría, así como la determinación de la época e intensidad de los desoves. Esto último, constituye una información relevante para la implementación de medidas de orientación, protección y manejo de las poblaciones que son objeto de la pesca en sus distintas modalidades (Hempel, 1973; Fuentes, 1998; Rossi *et al.*, 2000; Nakatani *et al.*, 2001).

Las primeras investigaciones que pusieron el foco sobre la dinámica temprana de las poblaciones fueron realizadas por Johan Hjort (1869–1948), quien sugirió que las variaciones anuales en la densidad poblacional de algunas especies de peces marinos eran generadas por diferentes tasas de mortalidad, principalmente experimentadas durante el primer año de vida.

En un esquema básico los investigadores encontraron que los huevos recién desovados en el mar se dispersan de un lugar a otro por movimientos del agua, y durante el desarrollo, larvas y juveniles cambian constantemente su ubicación, lo que determina que el área de distribución del ictioplancton se encuentre en zonas distintas a los sitios de desove. El mismo Hjort (1914), así como hasta el presente, los ictioplanctólogos destacan la importancia del transporte (dispersión) de los huevos y/o larvas de peces planctónicos por corrientes oceánicas hacia áreas de cría adecuadas. En otros estudios, los

investigadores intentaron identificar áreas y periodos de desove, desplazamientos del ictioplancton mediante corrientes marinas, describir el desarrollo de larvas de especies de peces y determinar relaciones entre la reproducción y algunas variables de calidad del agua (Joseph *et al.*, 1960; De Sylva *et al.*, 1962; Lisovenko, 1964; Mansueti, 1964; Martin y Jean 1964; Arbault y Boutin, 1968; Pitt, 1970; Powles y Kohler, 1970).

Hacia finales de la década de 1970, se realizaron investigaciones orientadas a la evaluación del impacto resultante del transporte de huevos y larvas de peces en los sistemas de enfriamiento de centrales eléctricas de vapor (Barnthouse *et al.*, 1977; Ney y Schumacher, 1978; Potter, 1978; Carter *et al.*, 1979; Greges y Schubel, 1979), y de las plantas nucleares (Gore *et al.*, 1976; Reutter, 1976; Ulanowicz, 1976; Cada *et al.*, 1980). Esto motivó que, en Estados Unidos, además de realizarse estudios en mar abierto y bahías, se llevaran a cabo trabajos en aguas continentales.

La construcción y el funcionamiento de esclusas para la navegación y de presas hidroeléctricas en aguas continentales de Norte América, motivó el inicio de estudios exploratorios orientados a evaluar el impacto generado sobre el ecosistema, los peces en general y la deriva del ictioplancton en particular (Holland *et al.*, 1984; Baker *et al.*, 1989; Travnichek *et al.*, 1995; Kanehl *et al.*, 1997). También en Sudamérica se realizaron numerosos estudios de ictioplancton, especialmente en Brasil, país donde se construyeron numerosas represas (De Mérona *et al.*, 2001; Agostinho *et al.*, 2002; Agostinho *et al.*, 2004; Agostinho *et al.*, 2007 a,b; Antonio *et al.*, 2007; Makrakis *et al.*, 2007; Agostinho *et al.*, 2008; Vitule *et al.*, Fernandez *et al.*, 2009; 2012; Sá-Oliveira *et al.*, 2015; Agostinho *et al.*, 2016).

En el río Paraná, la mayoría de los estudios de ictioplancton se realizaron en Brasil (Agostinho *et al.*, 1995; Baumgartner *et al.*, 1997, 2003, 2004, 2008; Bialecki *et al.*, 1999, 2002; De Castro *et al.*, 2002; Nakatani *et al.*, 2003; Daga *et al.*, 2009; Gogola *et al.*, 2010; Manetta *et al.*, 2011; Barzotto *et al.*, 2015; Da Silva *et al.*, 2015), aunque se publicaron numerosos trabajos en el tramo argentino (Oldani, 1990; Oldani *et al.*, 1992; Fuentes, 1998; Canón Verón, 2001; Fuentes y Espinach Ros, 1998, 2005; Rossi, *et al.*, 2009, 2010; González *et al.*, 2010). Sólo se registra una publicación referida a los ríos Paraguay y Bermejo (Canón Verón, 2001) y varios trabajos citados para el río Uruguay (Hermes-Silva *et al.*, 2009; Corrêa *et al.*, 2011; Reynalte-Tataje *et al.*, 2012; Fuentes *et al.*, 2016).

1.1 EL RÍO PARANÁ

El río Paraná es uno de los denominados mega-ríos del mundo, el noveno por su caudal (Latrubesse, 2008). En términos del área de drenaje, es el segundo de América del Sur y el quinto en el ranking mundial (Welcomme, 1987), y el décimo más largo del mundo (Agostinho y Gomez, 2002). Se origina en Brasil, desde la confluencia del río Paranaíba y el río Grande, hasta su desembocadura en el Río de la Plata en territorio argentino, con una longitud de 2570 km, sin tener en cuenta los 1200 km de longitud del Paranaíba. La superficie de la cuenca es de 1.510.000 km², sin tener en cuenta la subcuenca del río Paraguay. Su gran extensión se distribuye en 890.000 km² en territorio brasileño, 565.000 km² con jurisdicción argentina y 55.000 km² correspondientes a Paraguay (Paoli y Schreider, 2000) (Figura 1). En los grandes ríos como el Paraná, las variables que definen el sistema son los caudales de energía y materia que este transporta, principalmente como agua, sólidos disueltos y suspendidos (Neiff, 1990).

escalonado, con rápidos y caídas (García, 1999).

El Paraná medio se considera desde la desembocadura del río Paraguay, donde adopta un rumbo NE–SO hasta Rosario (Santa Fe). En este tramo se observan cambios importantes en las propiedades físicas del agua, debido a la presencia de los sedimentos, principalmente limo y arenas muy finas, provenientes del río Bermejo que desembocan en el río Paraguay. Desde aquí el agua cambia de coloración y se alcanzan a distinguir dos flujos dentro del río, uno sobre cada margen, diferencia que se extiende varios kilómetros aguas abajo. A partir de Rosario el río toma un rumbo NO–SE hasta el estuario del Río de la Plata, siendo este último el tramo Inferior (Bonetto *et al.*, 1981).

1.2 EL RÍO PARAGUAY

El río Paraguay nace en la meseta de Parecis en Brasil, y después de recorrer 2.550 km, desemboca en el río Paraná, al norte de la provincia argentina de Corrientes. Su cuenca abarca 1.095.000 km², de los cuales una tercera parte corresponde a Brasil, otra fracción similar al Paraguay y el resto a la Argentina y Bolivia, en porciones aproximadamente iguales. En la parte superior de la cuenca, las márgenes del río Paraguay son bajas e inundables y presentan una zona de expansión denominada Pantanal, un vastísimo lecho mayor que cubre cerca de 60.000 km² y que periódicamente queda cubierto por las aguas. En el tramo próximo a la zona de la confluencia con el río Paraná, durante las grandes crecidas el río Paraguay se desborda sobre ambas márgenes, lo que inunda un área de un ancho que varía entre 10 y 15 km. La naturaleza aluvial en las márgenes, el enorme volumen de material sólido acarreado por el río Bermejo y los remansos producidos por las aguas del Paraná, determinan una marcada movilidad del lecho en esta zona y una extensa irregularidad del régimen fluvial (Paoli y Schreider,

2000).

1.3 PECES DE INTERES COMERCIAL Y/O DEPORTIVO

Entre los principales recursos pesqueros de la cuenca del Paraná se encuentra *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836), cuyos volúmenes de captura superaron las 36.000 tn año⁻¹ solo en la porción media del Paraná (Sverlij *et al.*, 1993; MINAGRO, 2016). Este recurso es económicamente relevante debido a que es exportado a diferentes países del mundo. El análisis de la pesca comercial en el Puerto Antequera de la provincia del Chaco, ubicado a 250 km aguas abajo de la represa Yacyretá, permitió estimar un total de capturas de 349 tn en el año 2016 y de 296 tn en 2017, cifras que se encuentran dentro del intervalo estimado en la década previa, indicando estabilidad en la pesquería. Dentro de las especies que más aportan a las capturas en puerto Antequera se puede mencionar *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix y Agassiz, 1829), *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1817) y *P. lineatus* (Vargas, 2017, 2018). En la provincia de Corrientes existe una importante presión de pesca deportiva sobre el recurso. Cada año en la Pesca Nacional del Surubí participan alrededor de 1000 equipos de pesca. Además, en dicha provincia existen numerosas cabañas de pesca siendo la principal actividad económica de algunas localidades. En el río Paraná, en el tramo que va desde la Represa Hidroeléctrica Yacyretá hasta la confluencia con el río Paraguay, solo está habilitada la pesca deportiva en aguas con jurisdicción argentina (provincia de Corrientes) desde 1994 según ley 4827. En 2018 se estimó la captura de alrededor de 122000 ejemplares en este tramo del alto Paraná, de los cuales 112000 correspondieron a alguna de las especies blanco de la pesca recreativa tales como surubí, dorado, boga, pacú y salmón (Sánchez *et al.*, 2019). En el mismo tramo con jurisdicción paraguaya, la pesca deportiva esta poco desarrollada, aunque existe una elevada presión comercial sobre el recurso íctico. Las capturas reportadas por el

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Paraguay correspondientes a la zona de Ayolas en el año 2016, alcanzaron un total aproximado de 1.500 toneladas de pescado, total que incluyó unas 400.000 piezas de surubí, dorado, pacú, boga y sábalo (Mandelburger, 2017). En la Tabla 1 se describen las principales características de los peces de interés comercial y/o deportivo del río Paraná.

Tabla 1. Características relacionadas a la alimentación y la reproducción de algunas especies de interés comercial y/o deportivas del río Paraná. Tabla modificada de Agostinho *et al.*, 2003.

Especie	Alimentación	Tipo de Migración	Fecundación	Desove	Cuidado Parental	Figura
<i>Megaleporinus obtusidens</i> (Valenciennes, 1837)	Omnívoro	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	2 A
<i>Prochilodus lineatus</i>	Iliófago	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	2 B
<i>Salminus brasiliensis</i>	Piscívoro	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	2 C
<i>Piaractus mesopotamicus</i> (Holmberg, 1887)	Omnívoro	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	3 A
<i>Brycon orbignyanus</i> (Valenciennes, 1849)	Insectívoro	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	3 B
<i>Hoplias</i> spp.	Piscívoro	No Migrador	Externa	Lenítico	Con CP	3 C
<i>Plagioscion ternetzi</i> (Boulenger, 1895)	Piscívoro	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	3 D
<i>Pseudoplatystoma</i> <i>corruscans</i>	Piscívoro	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	4 A
<i>Pseudoplatystoma</i> <i>reticulatum</i> (Eigenmann y Eigenmann, 1889)	Piscívoro	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	4 B
<i>Zungaro jahu</i> (Ihering, 1898)	Piscívoro	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	4 C
<i>Sorubim lima</i> (Bloch y Schneider 1801)	Piscívoro	Corta Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	5 A
<i>Luciopimelodus pati</i> (Valenciennes, 1837)	Piscívoro	Larga Distancia	Externa	Lótico	Sin CP	5 B

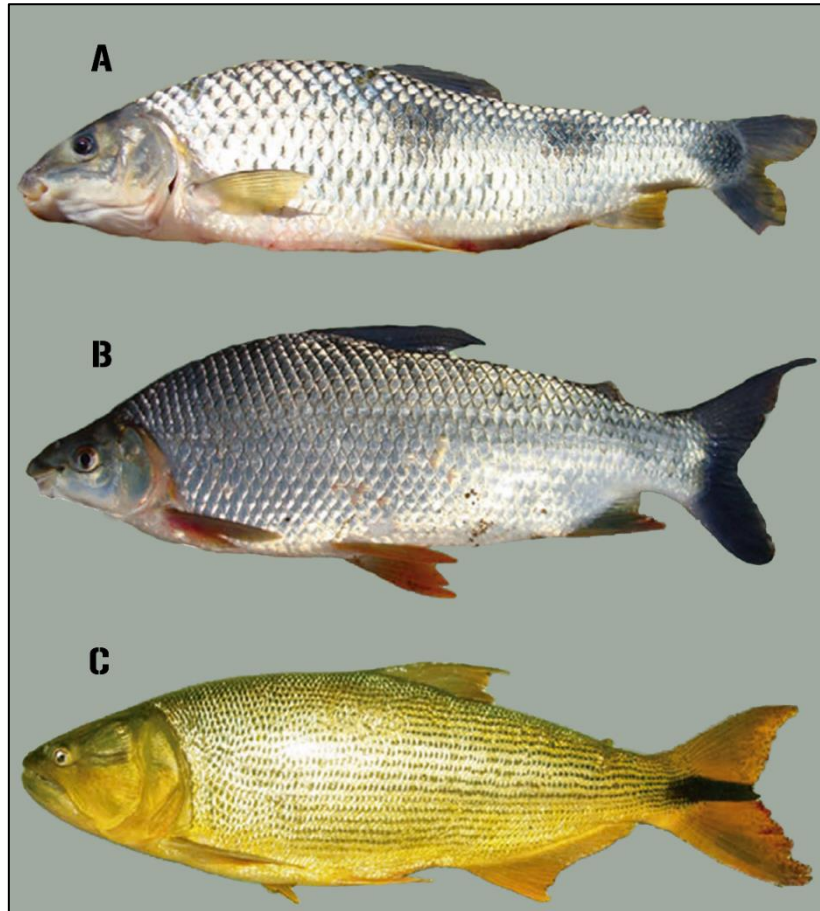


Figura 2. A) *Megaleporinus obtusidens*. B) *Prochilodus lineatus*. C) *Salminus brasiliensis*. (Figuras modificadas de Casciotta et al., 2016).

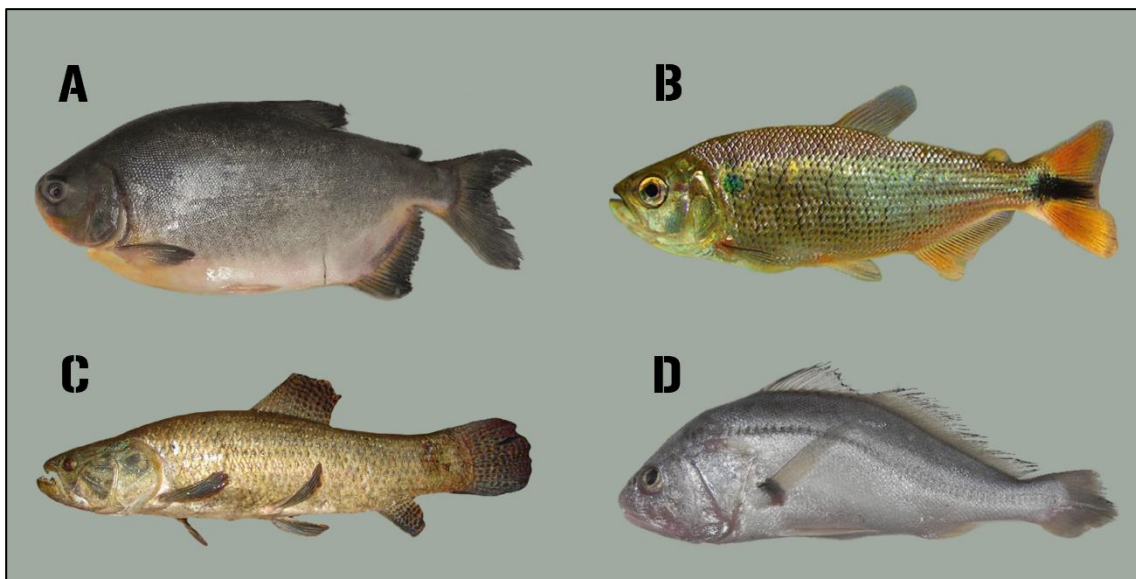


Figura 3. A) *Piaractus mesopotamicus*. B) *Brycon orbignyanus*. C) *Hoplias* sp. D) *Plagioscion ternetzi*. (Figuras B y C modificadas de Casciotta et al., 2016).

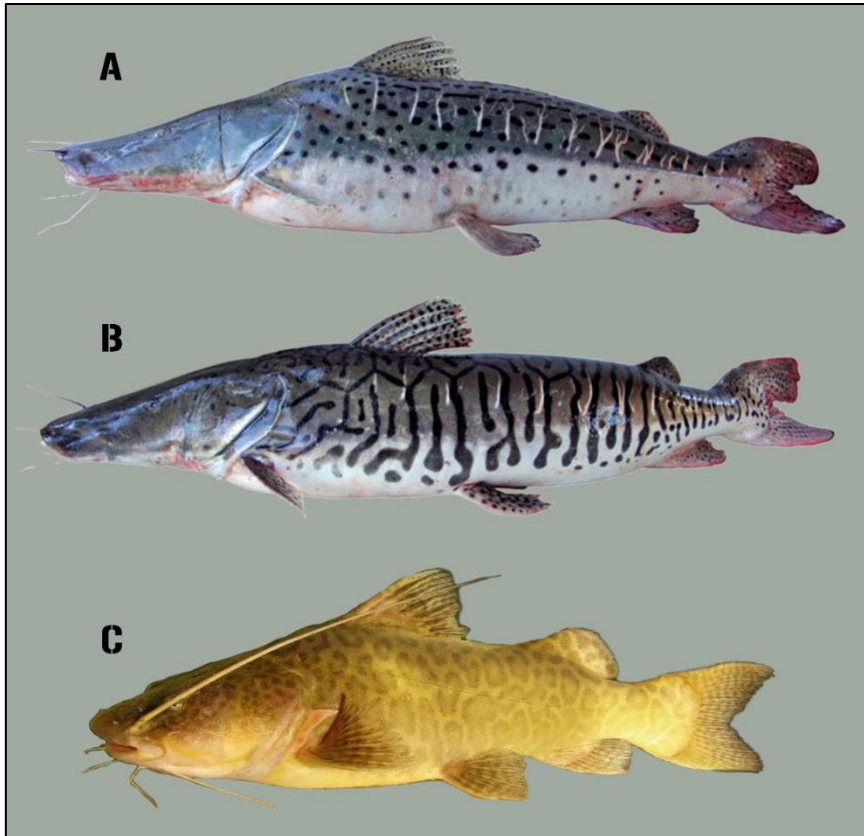


Figura 4. A) *Pseudoplatystoma corruscans*. B) *Pseudoplatystoma reticulatum*. C) *Zungaro jahu* (Figuras A y B modificadas de Marquez *et al.*, 2018; figura C modificada de Almirón *et al.*, 2015).

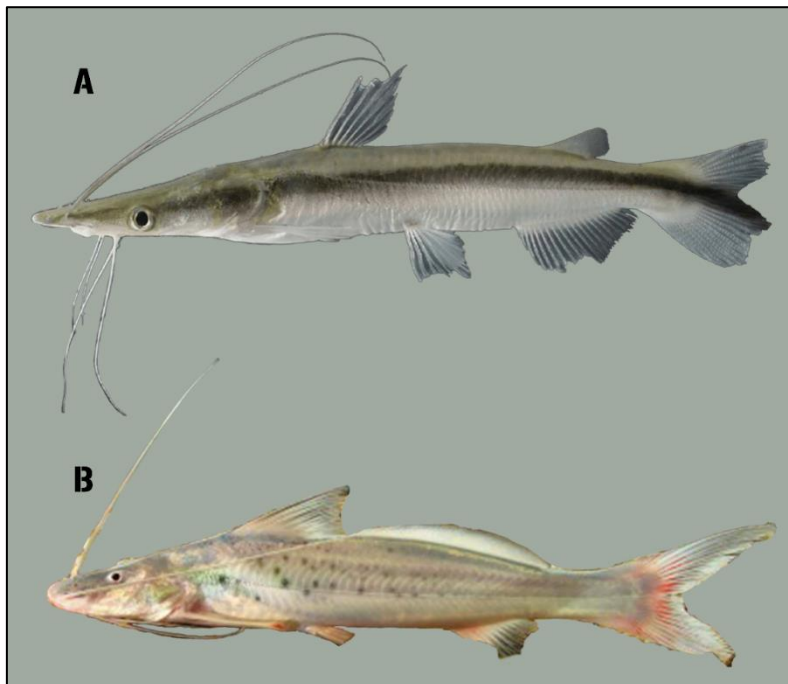


Figura 5. A) *Sorubim lima*. B) *Luciopimelodus pati*. (Figura A modificada de Littmann, 2007).

1.4 ESTRATEGIAS REPRODUCTIVAS DE LOS PECES MIGRADORES

El régimen de inundación es el factor principal que influye en las historias de vida de los peces, la ecología y las pesquerías fluviales (Welcomme, 1985; Bonetto, 1976; Agostinho y Zalewski, 1996; Gomes y Agostinho, 1997; Agostinho *et al.*, 2000, 2001). Numerosos trabajos indican que el ciclo hidrológico desempeña un papel importante sobre diversos atributos biológicos, como la maduración gonadal, la migración, el desove, el desarrollo larvario, el crecimiento y la alimentación (Welcomme, 1979; Lowe-McConnel, 1987; Junk *et al.*, 1989; Winemiller, 1989; Machado-Allison, 1990; Agostinho *et al.*, 1993 a,b, 1995; Vazzoler 1996, Gomes y Agostinho, 1997). Dentro de los distintos tipos de estrategias reproductivas, las típicas de los grandes peces migradores involucran el recorrido de decenas o cientos de km mientras completan la maduración gonadal, para finalmente desovar. En este grupo se encuentran las especies de interés comercial y/o deportivas como la “boga” (*M. obtusidens*), el “sábalo” (*P. lineatus*), el “dorado” (*S. brasiliensis*) y el “surubí” (*P. corruscans*), entre otros (Agostinho *et al.*, 2004). Estos peces, que poseen fecundación externa sin cuidado parental, han desarrollado una estrategia reproductiva compleja, denominada "estrategia desovante de canal", que probablemente optimiza su eficacia biológica mediante una amplia dispersión de los productos de la reproducción en una gran cantidad de ambientes de la llanura de inundación, desde áreas de desove localizadas aguas arriba (Fuentes, 1998).

Las larvas de peces migratorios tienen requerimientos de hábitat diferentes a los de los peces adultos. Frecuentemente el ambiente donde eclosionan las larvas no es el adecuado para el desarrollo posterior, siendo indispensable la ocurrencia de desplazamientos pasivos o activos desde el canal principal del río hacia áreas de cría donde las condiciones sean favorables (Snyder, 1981). Una vez que las larvas alcanzaron

las áreas de cría en el valle de inundación, la duración de las crecientes resulta determinante: si el nivel hidrológico desciende rápidamente, la cantidad de reclutas producidos será escasa, mientras que, si el valle permanece inundado por varios meses, el reclutamiento será muy exitoso (Bonetto *et al.*, 1981; Agostinho *et al.*, 1993 a; Fuentes, 1998; Suzuki *et al.*, 2009; Lozano *et al.*, 2019). Si bien es probable que existan matices entre las historias de vida temprana de las distintas especies migratorias, en sábalo se ha demostrado que el reclutamiento es independiente de la densidad de larvas a la deriva, destacándose la relación entre los pulsos de inundación altos y persistentes con la cantidad de nuevos reclutas que se incorporan a la pesquería (Fuentes, 1998).

1.5 CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL ICTIOPLANCTON

Desde el momento del desove que precede a la fecundación hasta el momento en que los ejemplares completan su desarrollo acontecen muchas transformaciones en la morfología de los peces. Distintos autores propusieron diferentes terminologías para referirse a puntos clave de los estadios temprano del desarrollo de peces. La propuesta por Kendall *et al.* (1984) es la más utilizada actualmente y fue la empleada en este trabajo. A continuación, se presenta una breve descripción de dicha clasificación:

1. Huevo o embrión.
2. Larva pre-flexión: estadio del desarrollo que comprende desde la eclosión hasta el inicio de la flexión de la notocorda.
3. Larva flexión: estadio del desarrollo que se caracteriza por la flexión de la notocorda, formación de los soportes de la aleta caudal, el esbozo de la aleta pélvica y el inicio de la segmentación de los radios de las aletas dorsal y anal.
4. Larva post-flexión: estadio del desarrollo que se caracteriza por la completa

flexión de la notocorda, segmentación inicial de los radios de las aletas dorsal y anal, y formación completa de las aletas pectorales, absorción de la aleta primordial o embrionaria (formación de escamas en grupos no siluriformes). Luego, los juveniles se consideran como pequeños adultos (en cuanto a caracteres morfológicos, sin llegar a madurar sexualmente), caracterizados por la formación completa de los radios de todas las aletas. Una vez alcancen la madurez sexual se consideran peces adultos (Nakatani *et al.*, 2001).

1.6 REPRESAS E IMPACTO AMBIENTAL

La construcción de represas produce una considerable fragmentación del paisaje fluvial, afecta la biodiversidad y provoca una barrera física para el movimiento longitudinal de los peces. Esto último impide que las especies migratorias, en general de importante valor comercial, recreativo y ecológico, puedan desplazarse aguas arriba, lo que afecta su ciclo reproductivo (Agostinho y Gomez, 2002; Oldani *et al.*, 2007, Agostinho *et al.*, 2016).

El tramo alto Paraná ha sido severamente modificado desde la construcción y operación de dos represas, que están entre las más grandes del mundo, la de Itaipú (Paraguay y Brasil, 1983) y Yacyretá (Argentina y Paraguay, 1994). Esta última está situada a la altura de las ciudades de Ituzaingó y Ayolas, en los países de Argentina y Paraguay, respectivamente (Sur 27° 28', Oeste 56° 44') (Figura 6). El sistema de la llanura aluvial aguas abajo de la confluencia Paraná–Paraguay es influenciado por la regulación de represas de la cuenca alta del Paraná (Quirós, 1990, 2004). A este efecto regulatorio debe sumarse el efecto de los usos del suelo en la alta cuenca del Paraná,

donde la deforestación y los usos agrícolas podría haber determinado la ocurrencia de cambios en el régimen hidrológico del río Paraná en las últimas décadas (Barros, 2013).

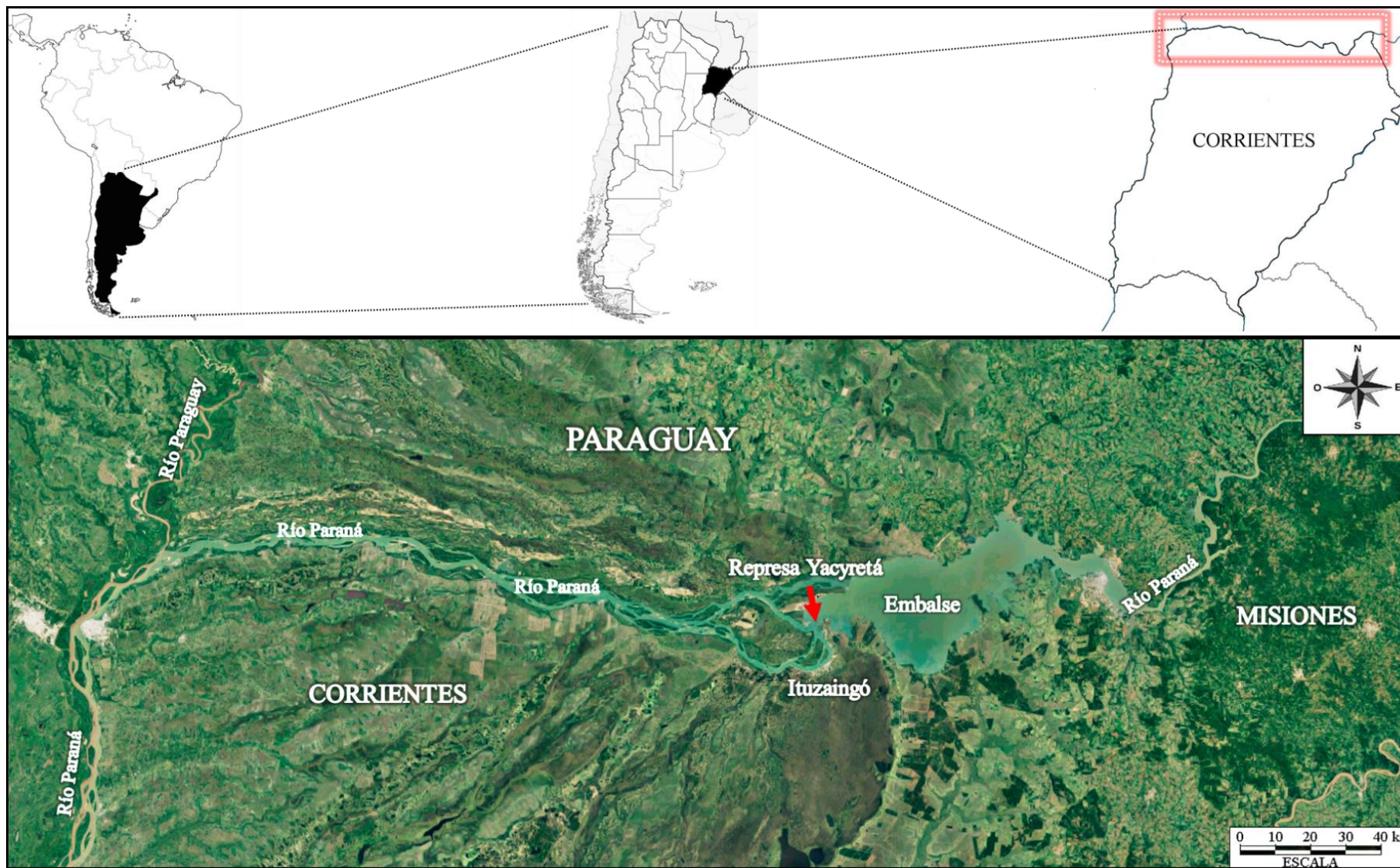


Figura 6. Represa Hidroeléctrica Yacyretá situada en Ituzaingó, provincia de Corrientes, Argentina.

Se reportaron impactos negativos en las comunidades acuáticas aguas arriba y abajo de centrales hidroeléctricas (Baigún y Oldani, 2005). Aguas abajo de las represas, se alteran los pulsos de crecientes e inundaciones (Quiros, 1990, 2004; Gubiani *et al.*, 2007; Oldani *et al.*, 2007), generando mortandades, lesiones y estrés, así como sobreexplotación pesquera por acumulación de peces que no pueden desplazarse aguas arriba (Larinier, 2001). Aguas arriba de las represas, se producen cambios importantes que afectan a las poblaciones de especies migratorias de peces, que se reducen o eliminan, y eventualmente son reemplazadas por especies sedentarias y de menor valor comercial (Oldani *et al.*, 2002; Baigún y Oldani, 2005). Además, se incrementa la mortalidad natural de huevos y larvas de aquellas especies con desove libre en los tramos fluviales (Baigún *et al.*, 2011). La falta de transporte de huevos y larvas a través de los reservorios puede ser el resultado del flujo reducido y la posibilidad de hundimiento y depredación de huevos y larvas en aguas poco turbias, y la mortalidad después de su paso por las turbinas (Agostinho *et al.*, 2007 a; Pelicice *et al.*, 2015). Esto afectaría negativamente el reclutamiento de especies migratorias, especialmente cuando la presa se construye entre las zonas de desove y cría (Agostinho *et al.*, 2002; Suzuki *et al.*, 2009; Pompeu *et al.*, 2011). Pompeu *et al.* (2011) fueron los primeros en indicar el paso exitoso de larvas de peces a través la represa de Santa Clara, desde el pequeño embalse situado en el río Mucurí (Brasil), concluyendo que las especies migratorias pueden completar su ciclo de vida incluso cuando sus sitios de desove y áreas de cría están separados río arriba y río abajo de la presa. En la represa de Salto Grande en el río Uruguay, las larvas de sábalo y bogas, provenientes de reproducciones aguas arriba de la represa, luego de pasar por las turbinas se superponen con desoves que ocurren aguas abajo de la misma (Fuentes *et al.*, 2016). En estos casos, cuando los aportes de larvas son importantes desde aguas arriba de una represa, estas pueden sobrellevar el paso a través de turbinas y vertederos, lo que

puede aportar individuos desde tramos superiores hacia tramos inferiores (Pompeu *et al.*, 2011; Fuentes *et al.*, 2016). Cuando ocurren estas situaciones, la colecta de larvas aguas abajo de las represas puede incluir ejemplares provenientes de eventos reproductivos ocurridos aguas arriba y aguas abajo de las mismas, pudiendo inferirse los sitios de desove debido a que los individuos tienen edades y grados de desarrollo diferentes (Fuentes *et al.*, 2016).

1.7 REPRESA HIDROELÉCTRICA YACYRETÁ

La Central Hidroeléctrica Yacyretá, es una represa ubicada sobre el cauce principal del último tramo del alto Paraná, situado al norte de la provincia de Corrientes, Argentina, compartido con Paraguay (Figura 7). La obra de construcción comenzó en 1983. En 1994, se puso en funcionamiento la primera turbina, y recién en 1998 se activaron las restantes, alcanzando un total de 20, cada una de ellas capacitada para funcionar con un caudal promedio de $730 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (García, 1999).

El llenado del embalse se realizó en varias etapas, en 1994 alcanzó 76 msnm, cota que se mantuvo alrededor de ese valor hasta el año 2006, elevándose a 78 msnm; a finales de 2009 la cota alcanza los 80 msnm y recién principio de 2011, se alcanzó la cota máxima de 83 msnm (Aichino *et al.*, 2012). La represa cuenta con dos sistemas dobles de elevadores mecánicos ubicados en los extremos de la central hidroeléctrica. El elevador de margen izquierda opera desde setiembre de 1992 y el de la derecha desde julio de 1995. El análisis del funcionamiento de dicho sistema mostró resultados críticos asociado a una eficiencia baja en la transferencia de peces (Oldani *et al.*, 2005). Sin embargo, un estudio reciente, muestra que durante 2013 y 2020, se transfirieron 91 especies de peces, de las cuales, 33 (de un total de 39 registrado aguas abajo de Yacyretá) fueron especies

migradoras y/o de interés pesquero, representando una eficacia del 84,61 % (Cerutti *et al.*, 2021).

Aguas arriba de la represa, se formó un gran embalse con una superficie de aproximadamente 1140 km^2 a cota 76 msnm, con un volumen estimado de 6000 hm^3 , y profundidad promedio de 14 m y máxima de 23 m (Araya *et al.*, 2003). La represa de Yacyretá tiene dos sectores que permiten regular el pasaje del agua: en margen izquierda se encuentra el cierre del brazo principal, conformado por la exclusiva de navegación (longitud de 236 m que permite el pasaje de embarcaciones), el sector del vertedero del brazo principal (dotado de 18 compuertas radiales de 15 metros de ancho) y el sector de turbinas (dotado de 20 turbinas Kaplan capacitadas para turbinar un caudal promedio de $730 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); en el margen derecho, se encuentra el vertedero del brazo Aña Cuá (dotado de 16 compuertas radiales de 15 metros de ancho). El tiempo medio de residencia del agua en el embalse, varía entre 3 y 7 días, dependiendo del caudal ingresante (García, 1999). En aguas bajas a medias (entre $8000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y $13000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), se vierten alrededor de $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ por el vertedero del brazo Añá Cuá y el caudal restante es turbinado. Solamente, cuando el nivel hidrométrico aumenta durante las crecientes se produce la apertura del vertedero, del brazo principal, lo que trata de evitarse debido a que se genera sobresaturación gaseosa aguas abajo (Domitrovic *et al.*, 1994). Posteriormente, se construyeron rampas deflectores en los vertederos, para minimizar la turbulencia del flujo de agua, y así, evitar la mortandad de peces provocado por la “enfermedad de la burbuja”.



Figura 7. Represa Hidroeléctrica Yacyretá.

Luego de la fragmentación del río Paraná tras el emplazamiento de la Represa Hidroeléctrica Yacyretá, se registraron cambios en la estructura de las comunidades de peces. Aguas abajo de dicha represa, la composición de la ictiofauna se mantuvo similar respecto de la situación previa al represamiento, suceso observado también aguas abajo de la represa de Itaipú (COMIP, 1994), manteniéndose elevada la abundancia relativa de las especies migradoras, de las cuales tan solo cinco representan alrededor del 40% de los ejemplares capturados por ciclo anual: *Prochilodus lineatus*, *Megaleporinus piavussu* (Britski, Birindelli y Gara-vello, 2012), *Pimelodus maculatus* (Lacepède, 1803), *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) y *Salminus brasiliensis* (Sánchez *et al.*, 2018). Un estudio realizado en Itá Ibaté e Ituzaingó (Corrientes) entre 1995 y 2011, muestra que las capturas por unidad de esfuerzo de surubí (*Pseudoplatystoma* spp.) se

mantuvieron por debajo del 0,5% del total de peces capturados durante todo el período (Sánchez *et al.*, 2012), evidenciando que estos grandes migradores siempre fueron particularmente poco frecuentes en relación al resto de la ictiofauna. Estos valores cambian de manera muy notoria si se consideran los registros actuales de la pesca comercial en Ayolas, Paraguay (Maldelburger, 2017) y Puerto Antequera, Chaco (Vargas, 2018) donde artes de pesca selectivas como el mallón y el espinel, permiten extraer ejemplares de surubí con mayor frecuencia respecto de otras especies. Esta preferencia por el surubí por parte de los pescadores comerciales se sostiene desde hace varias décadas, constituyendo el mayor recurso pesquero en varios puertos del río Paraná desde mediados del siglo XX (Fuentes y Quirós, 1988). De igual forma, las demás especies migradoras que son blanco de la pesca comercial, vienen soportando una elevada presión de extracción, existiendo registros en Argentina de miles de toneladas comercializadas de sábalo, dorado, boga, patí y pacú en los puertos del alto Paraná entre 1941 y 1984, previo a la instalación de Yacyretá (Fuentes y Quirós, 1988). En la actualidad, la pesca comercial de estas especies se mantiene en Paraguay, existiendo centros de acopio de pescado en Ayolas, Corateí, Panchito López, Cerrito y Pilar.

Aguas arriba de la represa de Yacyretá, de las 102 especies capturadas en el embalse, 5 especies sedentarias o migradores de distancias cortas: *Pachyurus bonariensis* (Steindachner, 1879), *Hemiodus orthonops* (Eigenmann y Kenned, 1903), y viejas de agua de los géneros *Loricariichthys* y *Loricaria*) representan el 49% de la captura total (Roa *et al.*, 2002). En los embalses de los ríos Tieté, Grande y Paranapanema las poblaciones de especies migratorias han disminuido en las últimas décadas, fenómeno que se asocia además con una disminución de riqueza de peces (Agostinho *et al.*, 2007 b), en comparación con la alta diversidad que se encuentra en los sistemas típicos de América

del Sur (Lowe-Mc Connel, 1999). Dentro del grupo de los migradores, el dorado (*Salminus brasiliensis*), el surubí pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), el pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y el manguruyú (*Zungaro jahu*) son los primeros en disminuir su abundancia en las zonas de los embalses en Brasil (Agostinho *et al.*, 2008). De manera similar, luego del cierre de las represas Itaipú y Yacyretá, el rendimiento pesquero en los embalses ha disminuido (Roa y Guillén, 1978; Roa y García, 1992; Araya *et al.*, 2018). Antes del emplazamiento de Yacyretá, las pesquerías en el río Paraná se centraban principalmente en la captura de dorado (*Salminus brasiliensis*), boga (*Megaleporinus obtusidens*, antes *Leporinus obtusidens*), surubí (*Pseudoplatystoma corruscans*), pira-para (*Pseudoplatystoma reticulatum*, antes *Pseudoplatystoma fasciatum*), manguruyú (*Zungaro jahu*, antes *Paulicea luetkeni*), entre otros. Actualmente las especies con mayor frecuencia de captura en la zona del embalse son Siluriformes de menor porte y de bajo valor económico tales como el armado común: *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1821) y el bagre amarillo (*Pimelodus maculatus*) (Araya *et al.*, 2018).

1.8 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Si bien los ríos Paraguay y Paraná, en sus tramos medio e inferior, están libres de represas, un estudio señala que la construcción de la Represa Hidroeléctrica Yacyretá produjo una reducción drástica en el área de reproducción del surubí pintado (*P. corruscans*), determinando que la especie se mantenga actualmente a expensas de eventos reproductivos provenientes casi exclusivamente del río Paraguay (Peña, 2004), algo que también podría ocurrir en las demás especies de interés comercial y/o deportivo ya que su comportamiento reproductivo es similar. La situación antes mencionada se vería agravada más aún por la ineficiencia de las instalaciones de los ascensores de Yacyretá para transferir a los reproductores de las especies migradoras hacia los tramos superiores

del río Paraná, donde se encontrarían los principales sitios reproductivos de estas especies (Oldani *et al.*, 2007). En contraposición a lo manifestado precedentemente, estudios de diversidad ictioplanctónica realizados en el tramo fluvial del río Paraná aguas arriba y aguas abajo de Yacyretá indican que las larvas de *Pseudoplatystoma* spp. se registraron con alta frecuencia en las capturas, indicando que la reproducción del surubí se mantendría dentro de niveles importantes (Rossi *et al.*, 2007, 2009, 2010).

Por otro lado, los estudios de pesca científica llevados adelante por el INICNE (Instituto de Ictiología del Nordeste), así como los monitoreos de la pesca comercial realizados por la provincia del Chaco, muestran que las poblaciones de las especies de interés se mantienen relativamente estables en cercanías a la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay (Vargas, 2017). Dicho esto, resulta fundamental determinar si las poblaciones se sostienen principalmente a partir de eventos reproductivos ocurridos en el río Paraguay, en el Paraná o en ambos.

La existencia de contradicciones entre los resultados presentados por diferentes estudios, sumado a la importancia que representan los recursos naturales para la comunidad en general, evidencian la necesidad de contar con información científica actualizada para determinar el estado actual de los recursos pesqueros y el eventual establecimiento de normas de protección de las poblaciones de peces migratorios, justificando ampliamente las investigaciones de estudios a largo plazo que permitan comprender el funcionamiento de los grandes ríos para gestionar de manera sustentable el recurso pesquero de la cuenca. Si ocurriera reproducción de especies de interés comercial y/o deportivo en ambos ríos, podría esperarse que el aporte del río Paraná sea mayor debido a que este río posee un caudal muy superior al del río Paraguay. Por el

contrario, si las poblaciones de especies de interés comercial y/o deportivo no consiguieran reproducirse en el río Paraná como consecuencia del emplazamiento de Yacyretá, el aporte de ictioplancton a la deriva aguas abajo de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay sería casi exclusivamente aportado desde el río Paraguay.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal estimar la importancia de los ríos Paraná y Paraguay en el aporte espacial y temporal del ictioplancton, principalmente de especies de interés comercial y/o deportivo. Para esto se propuso verificar la ocurrencia de reproducción de dichas especies, aguas arriba de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay, la localización y la distancia de los sitios de desove, la dinámica reproductiva propia de las especies en cada río y establecer relaciones entre las variaciones de deriva de huevos y larvas, las variables ambientales de calidad del agua, y su vinculación con la Represa Hidroeléctrica Yacyretá. La obtención de información relevante sobre los estadios tempranos del desarrollo de larvas de peces y su relación con el ambiente, brindan conocimiento valioso que podría ser utilizado para establecer normas de conservación y manejo sobre las poblaciones de peces migratorios.

1.9 PREGUNTAS

- ¿Existe reproducción de peces en el río Paraná aguas abajo de la Represa Hidroeléctrica Yacyretá?
- ¿Existe reproducción de peces en el río Paraguay?
- ¿Existe superposición de deriva de elementos del ictioplancton procedentes de reproducciones aguas arriba y abajo de Yacyretá?

1.10 HIPÓTESIS

- *H1: Las especies de peces migradores de interés comercial y/o deportivo se reproducen en el río Paraná aguas abajo de la Represa Hidroeléctrica Yacyretá.*
- *H2: Existe reproducción de peces migradores de interés comercial y/o deportivo en el río Paraguay.*
- *H3: Las especies de peces migradores de interés comercial y/o deportivo se reproducen en el río Paraguay en sitios cercanos a su confluencia con el río Paraná.*
- *H4: Las especies de peces migradores de interés comercial y/o deportivo se reproducen en el río Paraguay en sitios lejanos aguas arriba de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay.*
- *H5: La importancia relativa de la reproducción de especies migratorias de interés comercial y/o deportivo es mayor en el río Paraná que en el río Paraguay.*
- *H6: Las plumas de agua provenientes de los ríos Paraná y Paraguay son diferentes aguas abajo de la zona de confluencia de ambos ríos.*
- *H7: La estacionalidad de los eventos reproductivos mayores durante cada ciclo anual está regulada por la temperatura del agua.*
- *H8: La reproducción está sincronizada por el incremento en el nivel hidrológico durante las estaciones de primavera y verano.*

1.11 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general: fue evaluar la importancia de los ríos Paraná y Paraguay en la reproducción de las especies de interés comercial y/o deportivo mediante la estimación de la abundancia del ictioplancton en la zona de confluencia de ambos ríos.

Objetivos particulares:

- Evaluar la presencia de huevos de peces en general y larvas de especies de peces de interés comercial y/o deportivo del río Paraná a la altura de Corrientes Capital y Paso de la Patria.
- Evaluar la presencia de huevos de peces en general y larvas de especies de peces de interés comercial y/o deportivo en el río Paraná sobre la margen derecha a la altura de Puerto Antequera (Provincia de Chaco) y en el río Paraguay a la altura de la localidad de Las Palmas.
- Identificar el grado de desarrollo de larvas de peces del río Paraná a la altura de Corrientes Capital y Paso de la Patria.
- Comparar las frecuencias y las densidades de huevos de peces y larvas de especies de interés comercial y/o deportivo de los ríos Paraná y Paraguay.
- Evaluar la relación entre las variables físico-químicas del agua de las localidades muestreadas y la abundancia del ictioplancton durante los periodos de muestreo.
- Estudiar la relación semanal entre densidades de huevos de peces y larvas de peces migratorios con el caudal y nivel hidrométrico de los ríos Paraná y Paraguay.

1.12 PREDICCIONES

A partir de las *hipótesis* y objetivos mencionados en los apartados 1.10 y 1.11 respectivamente, se pueden plantear las siguientes predicciones:

- Si *“las especies de peces migratorios de interés comercial y/o deportivo se reproducen en el río Paraná aguas abajo de la Represa Hidroeléctrica Yacyretá”*, entonces, se detectarán huevos de peces en general y larvas de peces migratorios con niveles de desarrollo escaso (vitelínicas y pre-flexión) aguas abajo de la Represa Hidroeléctrica Yacyretá sobre la costa correntina a la altura de Corrientes Capital y Paso de la Patria.
- Si *“las especies de peces migratorios de interés comercial y/o deportivo se reproducen en el río Paraguay”*, entonces, se detectarán huevos de peces en general y larvas de peces de peces migratorios aguas abajo de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay sobre la pluma de agua típica del río Paraguay, recostada sobre la margen derecha a la altura de Puerto Antequera.
- Si *“las especies de peces migradores de interés comercial y/o deportivo se reproducen en el río Paraguay en sitios cercanos a su confluencia con el río Paraná”*, entonces, se detectarán larvas de peces migratorios con niveles de desarrollo escaso (vitelínicas y pre-flexión) en Puerto Las Palmas e inmediatamente aguas abajo de la confluencia sobre la costa chaqueña del río Paraná.
- Si *“las especies de peces migratorios de interés comercial y/o deportivo se reproducen en el río Paraguay en sitios lejanos aguas arriba de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay”*, entonces, se detectarán larvas de peces migratorios con niveles de desarrollo avanzado (flexión y post-flexión) en Puerto Las Palmas e inmediatamente aguas abajo de la confluencia sobre la costa chaqueña del río Paraná.

- Si *“la importancia relativa de la reproducción de especies migratorias es mayor en el río Paraná que en el río Paraguay”*, entonces, las densidades de larvas de especies de interés comercial y/o deportivo serán mayores en el río Paraná sobre la margen izquierda a la altura de Corrientes y de la ciudad de Paso de la Patria, que las registradas en el mismo río sobre la margen izquierda en costa chaqueña y en las otras localidades del río Paraguay.
- Si *“las plumas de agua provenientes de los ríos Paraná y Paraguay son diferentes aguas abajo de la zona de confluencia de ambos ríos”*, entonces, se detectarán diferencias significativas entre las variables de calidad del agua entre los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera a lo largo de todo el periodo de estudio.
- Si *“la estacionalidad de los eventos reproductivos mayores durante cada ciclo anual está regulada por la temperatura del agua”*, entonces, las frecuencias y densidades de huevos de peces y larvas de peces migratorios serán significativamente mayores en primavera y verano que en invierno.
- Si *“la reproducción está sincronizada por el incremento en el nivel hidrológico durante las estaciones de primavera y verano”*, entonces, existirá una asociación temporal entre la abundancia semanal de huevos de peces y larvas de peces migratorios y el incremento del nivel hidrométrico durante el período comprendido entre septiembre y marzo.

Capítulo 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2. - MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 SITIOS DE MUESTREO

La toma de muestras se llevó a cabo principalmente en el tramo medio del río Paraná, a la altura del eje Corrientes–Puerto Antequera, alrededor de 30 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay, entre 100 a 1000 metros aguas arriba del puente interprovincial Corrientes–Chaco General Belgrano, y a unos 250 km aguas abajo de la represa hidroeléctrica Yacyretá (Figura 8). En el tramo Corrientes–Puerto Antequera, el río tiene un ancho aproximado de 1500 metros, y profundidades máximas de alrededor de 15 metros en la margen derecha (Puerto Antequera) y 25 metros en la margen izquierda (Corrientes), con un caudal medio de 12925 a 32675 m³.s⁻¹ registrados en dicho periodo. En esta última zona se llevaron a cabo 87 muestreos en ambas márgenes del río Paraná (Tablas I y II respectivamente en anexo).

Con el objeto de abordar la existencia de dos plumas de agua diferentes, una proveniente del río Paraná y otra del río Paraguay, se propuso verificar la presencia de huevos de peces en general y larvas de especies de peces de interés comercial y/o deportivo en el tramo Corrientes–Puerto Antequera en el río Paraná. Se realizaron uno o dos muestreos semanales durante las estaciones primavera y verano en los ciclos reproductivos 2012–2013, 2013–2014, 2014–2015; aunque en algunas semanas no se realizaron dichos muestreos debido a diversas complicaciones, y un muestreo quincenal durante otoño e invierno en 2012, 2013 y 2014 durante horas luz. En cada muestreo se obtuvieron dos muestras en Corrientes (S: 27° 27′ 24" W: 58° 49′ 21") y otras dos en Puerto Antequera (S: 27° 27′ 47" W: 58° 52′ 02"), ya que se consideró que ambos sitios geográficos permitirían caracterizar las plumas de ambos ríos.

Para evaluar la presencia de huevos de peces en general y larvas de especies de peces de interés comercial y/o deportivo, en el tramo alto Paraná y en el río Paraguay, se realizaron 64 muestreos en dos sitios: 31 aguas arriba de la confluencia con el río Paraguay (Tabla III en anexo), frente a la ciudad de Paso de la Patria, provincia de Corrientes (S: 27° 18' 17" W: 58° 33' 59")(Figura 9) y 33 muestreos en el río Paraguay (Tabla IV en anexo), frente a la ciudad de Las Palmas, provincia de Chaco (S: 27° 07' 19" W: 58° 38' 46") (Figura 10), durante las estaciones primavera y verano 2013–2014 y 2014–2015.

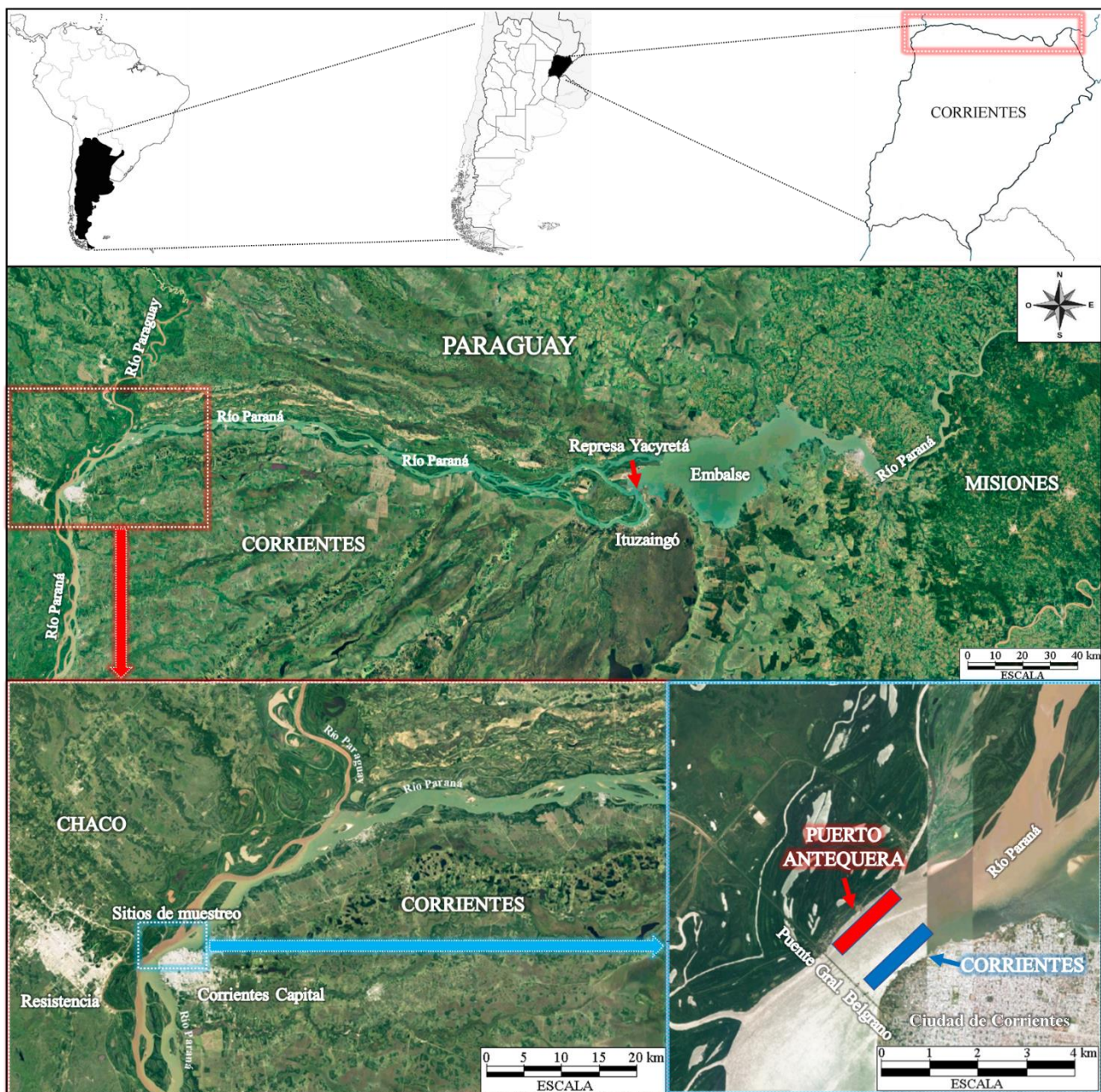


Figura 8. Sitios de muestreo Corrientes (barra azul) y Puerto Antequera (barra roja) en el río Paraná, límite entre las provincias de Corrientes y Chaco, Argentina.

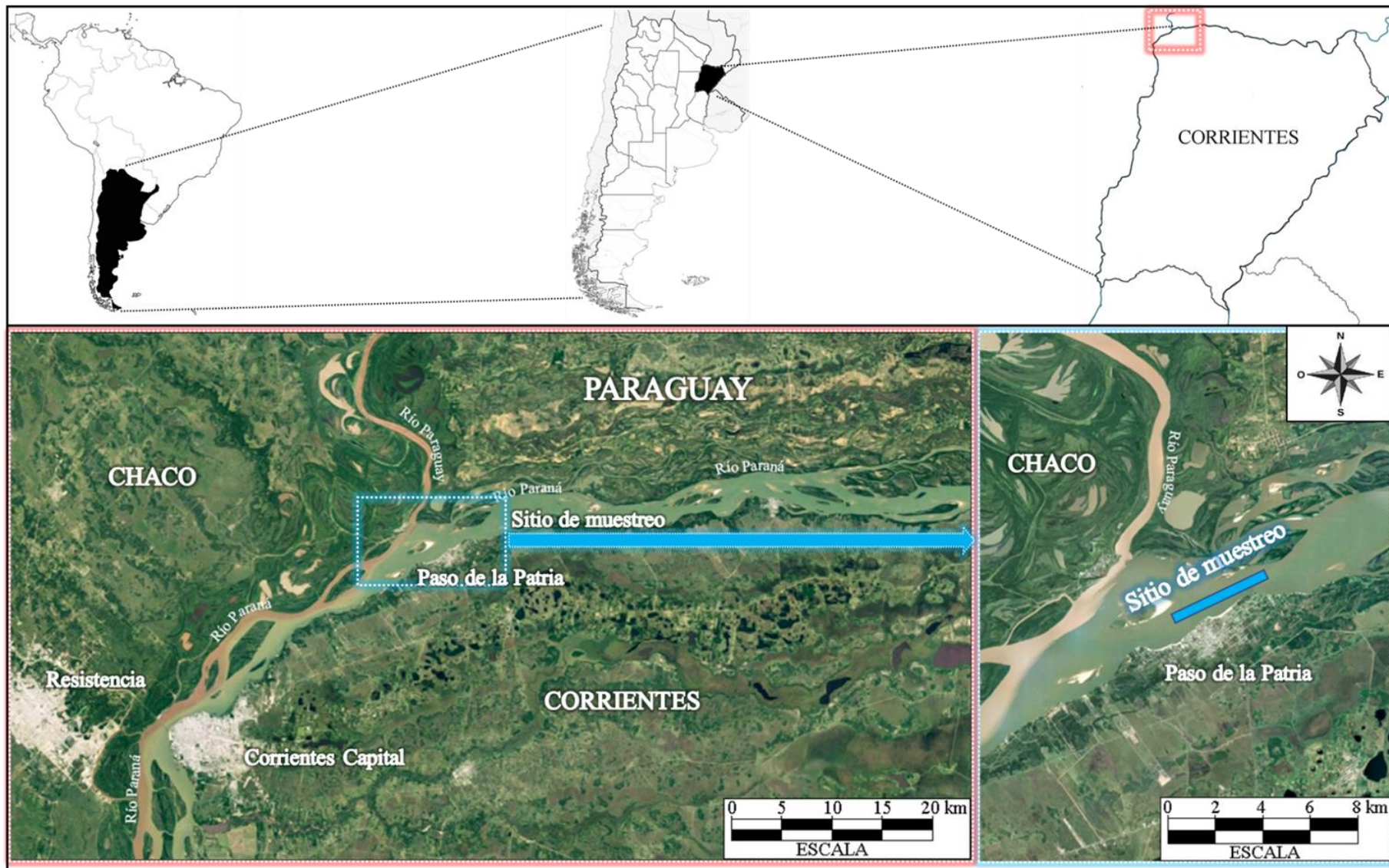


Figura 9. Sitio de muestreo Paso de la Patria (barra celeste) en el río Paraná, próximo a la confluencia con el río Paraguay, Corrientes, Argentina.

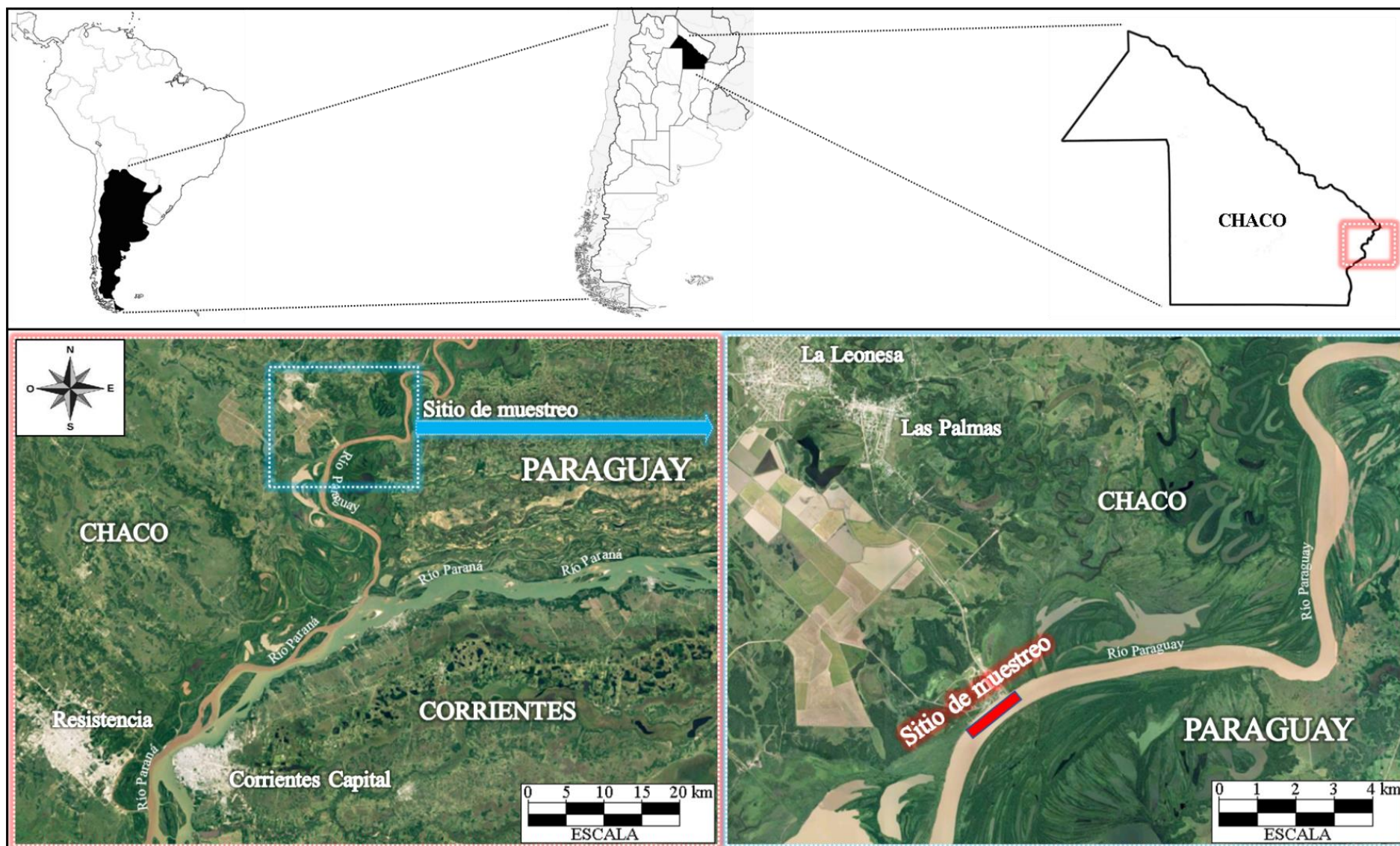


Figura 10. Sitio de muestreo Las Palmas (barra roja) en el río Paraguay, Chaco, límite con Paraguay, Argentina.

2.2 TRANSECTAS

Se realizaron tres transectas de muestreo en el eje Corrientes–Puerto Antequera en tres momentos diferentes dentro del período de estudios: marzo de 2013, octubre de 2014 y enero de 2015. Estas transectas se realizaron para estimar la representatividad de los sitios escogidos sobre margen izquierda (Corrientes) y derecha (Puerto Antequera) del río Paraná para caracterizar las derivas del ictioplancton correspondientes a los ríos Paraná y Paraguay, respectivamente.

En cada transecta se colectaron muestras en cinco puntos geo–referenciados en el eje correspondiente a los sitios Corrientes y Puerto Antequera, incluyendo un punto cercano a cada margen, uno en el centro y los otros dos ubicados entre los puntos del centro y de cada margen. Para identificar la ubicación de cada punto, se denominó punto I (S: 27° 28′ 08" W: 58° 51′ 19") al sitio más próximo a la margen izquierda cercano a la costa correntina; el punto II coincidente con el sitio Corrientes de los muestreos periódicos (S: 27° 27′ 25" W: 58° 49′ 21"); el punto III fue el más variable, ya que correspondió a la zona donde se dividen las aguas turbias aportadas por el río Paraguay de las claras correspondientes al río Paraná y varió dependiendo del caudal que descargaba cada río al momento del muestreo (alrededor de las coordenadas S: 27° 27′ 41" W: 58° 51′ 20"); el punto IV (S: 27° 27′ 41,1" W: 58° 51′ 31") se localizó entre los puntos III y V y el punto V, cercano a la costa chaqueña coincidiendo con el sitio Puerto Antequera donde se realizaron los muestreos periódicos (S: 27° 27′ 47,3" W: 58° 52′ 02") (Figura 11). En cada muestreo se realizaron 5 bloques de toma de muestras biológicas y de calidad de agua separados por al menos 4 horas en los que se consideró aleatoriamente el orden en que se muestrearon cada uno de los puntos.

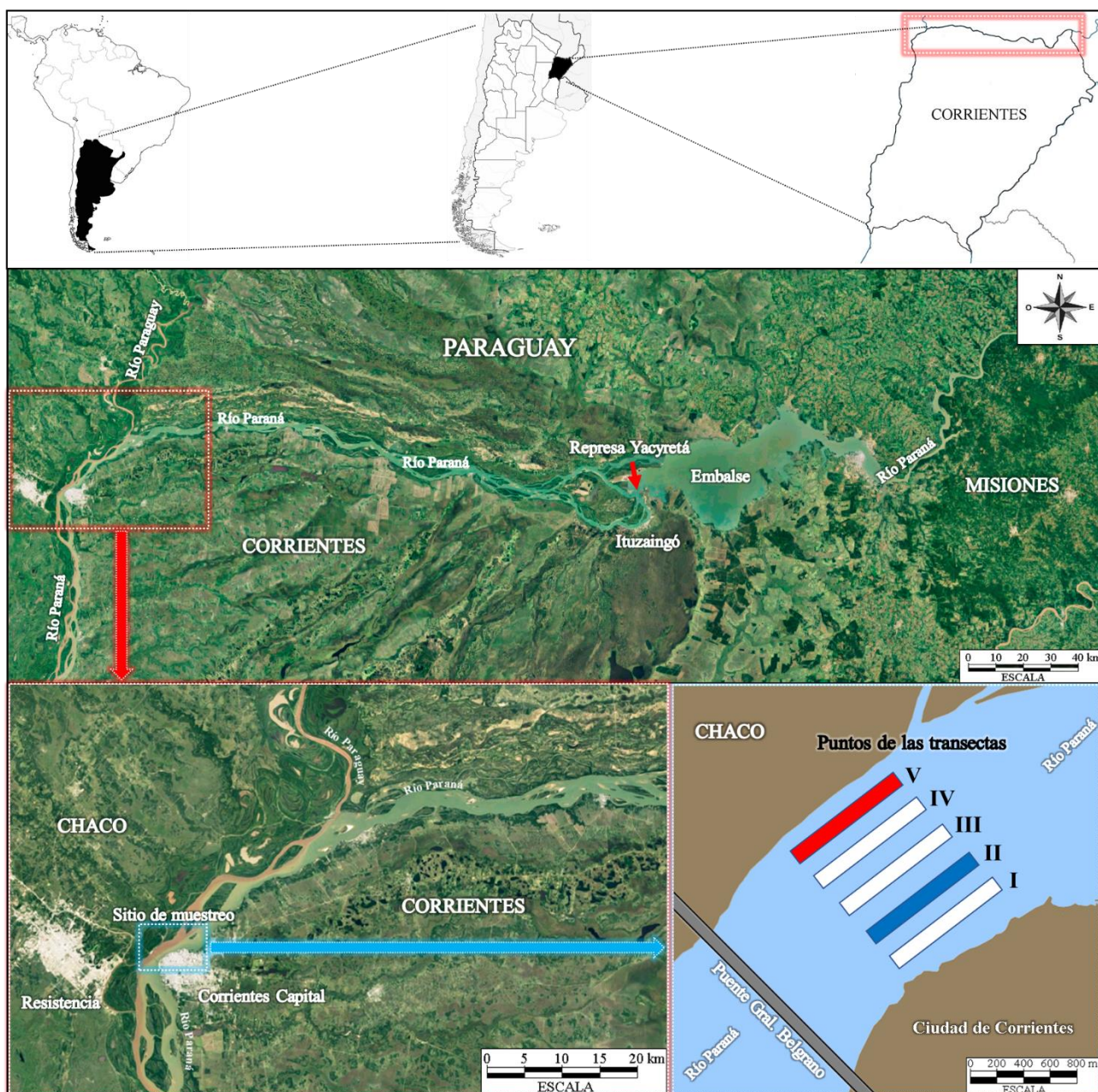


Figura 11. Puntos de muestreo de transectas. El punto II, coincidente con Corrientes (barra azul); el punto V, coincidente con Puerto Antequera (barra roja). Los puntos I, III y IV (barras blancas) sólo se muestrearon cuando se realizaron las transectas, en un tramo del río Paraná, entre las provincias de Corrientes y Chaco, Argentina.

Adicionalmente a la información biológica y físico-química obtenida en cada transecta, se procesaron imágenes satelitales Landsat 7 y 8 de fechas aproximadas, con el objeto de lograr una representación realista del grado de mezcla del agua de los ríos Paraná, Paraguay y Bermejo a la altura de los sitios de muestreo.

2.3 VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS E HIDROLÓGICAS

Con el objeto de caracterizar las dos plumas de aguas provenientes de los ríos Paraná y Paraguay, así como para relacionar las variaciones de diferentes parámetros físico-químicos del agua con la abundancia del ictioplancton, se registraron las variables ambientales de calidad del agua consideradas más importantes en estudios ictiológicos durante cada uno de los muestreos llevados a cabo en el río Paraná. Esta tarea no pudo realizarse en el río Paraguay en Las Palmas ya que las muestras fueron colectadas por un colaborador local y no se contaba con un equipo de calidad de agua completo para utilizar en dicho sitio. La velocidad de corriente del agua fue estimada con un flujómetro digital marca Global Water a dos metros de profundidad aproximadamente. La temperatura del agua, pH y conductividad se midieron empleando electrodos de la marca HANNA. La concentración de oxígeno disuelto (en porcentaje de saturación y mg.l^{-1}) se obtuvo con un oxímetro marca YSI. La transparencia del agua se registró con disco de Secchi. Adicionalmente se estimó la turbidez mediante el uso de un espectrofotómetro portátil marca HANNA y la profundidad mediante un ecosonda marca Fish Finder. Los datos de precipitaciones, caudal y el nivel hidrométrico de los ríos Paraná, Paraguay, Bermejo y Pilcomayo fueron proporcionados por la Red Hidrológica Nacional. Los sitios de muestreo fueron geo-referenciados con un GPS Garmin®. La velocidad y dirección de los vientos predominantes se obtuvo de la página del INTA Colonia Benítez, estación localizada a menos de 30 km de los diferentes puntos de muestreo.

2.4 MUESTREO DEL ICTIOPLANCTON

Para la colecta de huevos y larvas, se utilizó una red de ictioplancton, cilíndrico-cónica con abertura de malla de alrededor de 220 micrones, la que en su parte proximal presenta un aro metálico, con un diámetro de 30 cm que a su vez conecta tres cuerdas

(estribos) a un cabo; el extremo distal está dotado de un recipiente colector. La red tuvo un largo total de 200 cm (Figura 12). Esta red fue operada en forma pasiva contracorriente, durante 3 a 5 minutos en cada una de las dos muestras obtenidas por cada sitio. Dicha red se amarró a la embarcación por medio de un cabo y operó a una profundidad media, calculada como la mitad de la profundidad total estimada con el ecosonda. Cuando la velocidad de corriente se estimó en 1 metro por segundo o inferior, la embarcación permaneció anclada durante todo el muestreo. A velocidades de corriente mayores, el arte de captura pierde capacidad de filtrado y corre riesgo. Para lograr un flujo menor en la boca de la red, se procuró que la embarcación se desplace en sentido de la corriente, reemplazando el ancla por un lastre (objeto pesado) que permitió que la embarcación se desplazara lentamente a efectos de producir un módulo neto de corriente en la red comprendido entre los 0,80 y un metro por segundo. Para alcanzar la profundidad deseada con la red, el enganche de la misma se amarró a una sogá sostenida desde la embarcación, la cual permitió regular la profundidad, mientras que, con otra sogá, también amarrada al enganche y a la sogá del ancla o peso, se lograba mantener la red siempre debajo de la embarcación en posición horizontal contracorriente (Figura 13). Esta disposición facilitó mucho el trabajo, ya que la sogá que viene desde el amarre del ancla resiste la mayor parte la fuerza que ejerce la corriente, y al tirar o recoger la red, desde la embarcación, el esfuerzo resulta casi nulo.

Para calcular el volumen de agua filtrada se dispuso en el centro de la boca de la red un flujómetro mecánico marca General Oceanics (Figura 12), y se empleó la siguiente fórmula: $V = a.n.c.$, donde V = volumen de agua filtrada (m^3); a = área de la boca de la red (m^2); n = número de vueltas del flujómetro y c = factor de calibración del flujómetro

(26,873); el área de la boca de red se calculó con la siguiente formula: $a = \pi r^2$ donde $\pi = 3,14$ y r = radio de la boca de la red.

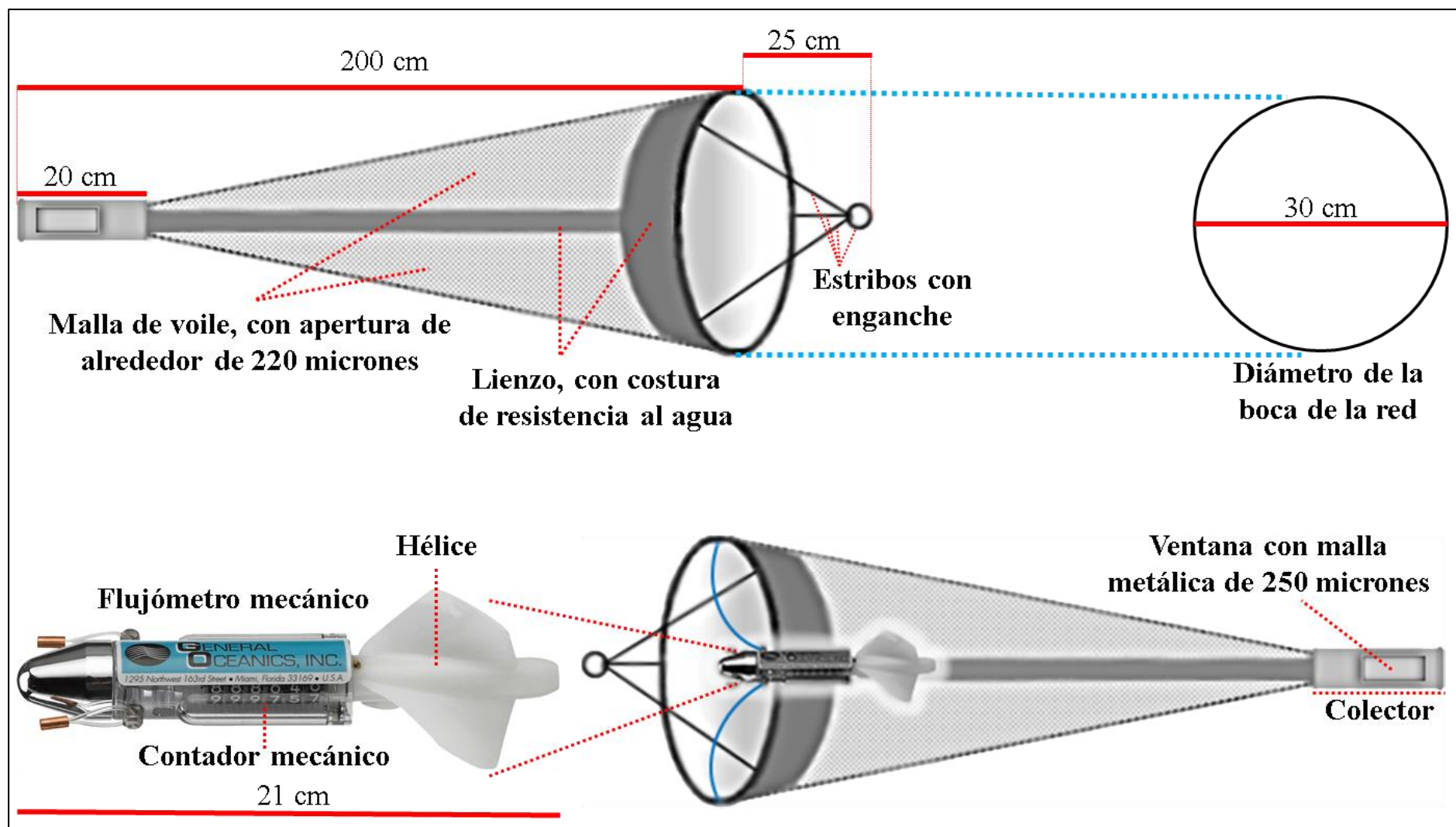


Figura 12. Detalles de la red de ictioplancton utilizada en los muestreos.

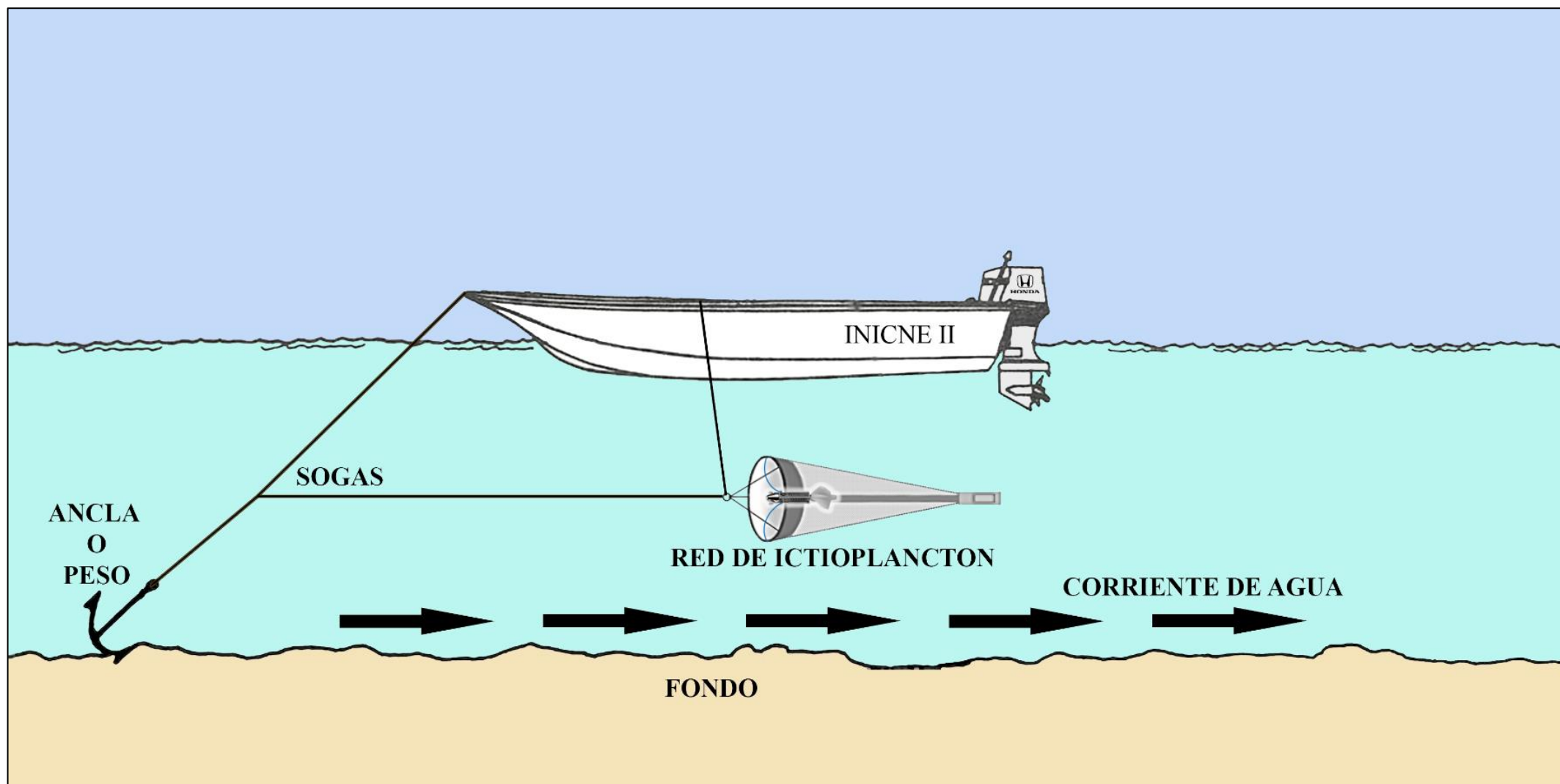


Figura 13. Sistema de muestreo y elementos utilizados para la captura del ictioplancton.

2.5 PROCESAMIENTO Y REGISTRO DEL MATERIAL COLECTADO

Las muestras obtenidas fueron conservadas en alcohol (96%) y posteriormente procesadas en laboratorio, separando el ictioplancton del resto de material de deriva. Se utilizó una lupa estereoscópica marca Arcano con aumento de 10x a 40x, cápsulas de Petri, pipetas y agujas (Figura 14). Una vez separado el ictioplancton del resto de material de deriva, se cuantificaron los huevos y larvas totales (Figura 15 A, B y C). Este procesamiento fue muy laborioso en las muestras de Puerto Antequera y Las Palmas, ya que el material estaba constituido principalmente por restos de vegetales. Las muestras colectadas en Paso de la Patria y Corrientes contenían principalmente algas e ictioplancton, por lo que su procesamiento fue mucho más rápido y sencillo. Teniendo en cuenta que la composición de especies de peces en el río Paraná (tramo alto y medio) están constituidas mayormente de individuos pertenecientes a los órdenes Siluriformes y Characiformes (Drago, *et al.*, 2003; Roux, *et al.*, 2012), las larvas se clasificaron en dos grandes grupos: “Siluriformes” (larvas con presencia de barbillas) y “No Siluriformes” (larvas sin barbillas). De acuerdo al grado de desarrollo de las larvas, se clasificaron en pre-flexión (incluyendo las vitelinas), flexión y post-flexión. Se identificaron larvas de algunas especies de interés comercial y/o deportivo, y otras de interés ecológico teniendo en cuenta algunos caracteres como:

- Presencia o ausencia de barbillas.
- Longitud de las barbillas.
- Posición de la apertura anal en relación a la longitud total del cuerpo.
- Robustez del cuerpo.
- Tamaño y forma del ojo en relación a la cabeza.
- Pigmentación.
- Espesor y variaciones de la aleta primordial.

- Notocorda (recta o flexionada).
- Radios en las aletas.
- Otros caracteres.

Solamente las larvas de bogas y sábalo en estadio de pre-flexión se subdividieron a su vez en tres grupos que proveen información acerca del desarrollo de las larvas: sin ojos con vitelo (SOCV) refiriéndose a aquellas que, aunque presentan la estructura ocular escasamente desarrollada, carecen de pigmentos en dicha región y con un gran saco vitelino; con ojos con vitelo (COCV), larvas con ojos pigmentados y que aún tienen vitelo; y con ojos sin vitelo (COSV), aquellas con ojos totalmente pigmentados, sin reservas vitelínicas y con la boca completamente formada.

Los datos se cargaron en una planilla de EXCEL, asignándose una fila para cada muestra individual, para la confección de gráficos y tablas, así como para la realización de análisis estadísticos. En general, los valores registrados se promediaron por mes o por semana, sin embargo, para los casos de las transectas, se promediaron por punto de muestreo. Cuando los resultados se presentaron en gráficos de barras, los valores medios se acompañaron del error estándar, excepto en aquellos casos en que se contó con una sola muestra analizada y no pudo calcularse dicho estimador.



Figura 14. Muestra sin procesar en cápsula de Petri de 14 cm de diámetro.

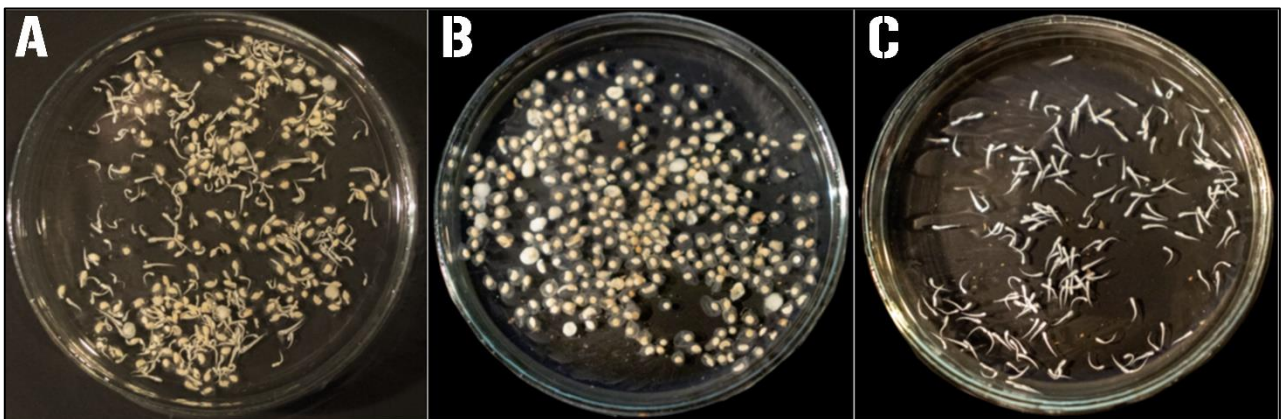


Figura 15. A) Huevos y larvas de peces sin restos de material de deriva. B) Huevos de peces. C) Larvas de peces. Todas las muestras están en cápsulas de Petri de 6 cm de diámetro.

2.6 LARVAS DE PECES DE INTERÉS COMERCIAL Y/O DEPORTIVO

Entre las especies descriptas para el río Paraná en sus secciones media y alta, solo las mencionadas en el apartado 1.3 de la introducción revisten interés comercial y/o deportivo. En este trabajo, se hizo especial énfasis en la identificación de larvas de tales especies. A continuación, se presentan las características más relevantes de las mismas.

Las larvas de la “boga” (*M. obtusidens*) inicialmente presentan pocos pigmentos (cromatóforos dendríticos) formando una hilera central, ubicados ventralmente (Nakatani *et al.*, 2001). Las larvas en estadio de pre-flexión presentan un cuerpo largo, cabeza y ojos de tamaño moderado. La boca es terminal, el intestino es largo y la apertura anal está localizada posteriormente al eje vertical que pasa la región media del cuerpo (Orsi *et al.*, 2016). La secuencia del desarrollo en las aletas es: caudal, dorsal, anal, pélvicas y pectorales (Nakatani *et al.*, 2001) (Figura 16).



Figura 16. Clasificación de larvas de bogas en estadio de pre-flexión: A) larva sin ojos con vitelo (SOCV); B) larva con ojos con vitelo (COCV) y C) larva con ojos sin vitelo (COSV). Escala en dos milímetros.

Las larvas del “sábalo” (*P. lineatus*) son robustas y en la región ventral se forman dos hileras de pigmentos, en estadio de pre-flexión ya se observan pigmentos de forma irregular en el cuerpo y la cabeza. En el estadio de flexión se intensifica la pigmentación y en post-flexión comienza la formación de fajas transversales de pigmentos a lo largo de los flancos y la formación de escamas. El intestino es largo y la apertura del ano se dispone desplazada hacia la parte posterior de la porción media del cuerpo (Nakatani *et al.*, 2001) (Figura 17).



Figura 17. Clasificación de larvas de sábalo en estadio de pre-flexión: A) larva sin ojos con vitelo (SOCV); B) larva con ojos con vitelo (COCV) y C) larva con ojos sin vitelo (COSV). Escala en dos milímetros.

Las larvas del “dorado” (*S. brasiliensis*) concentran pigmentos en la región cefálica y en la región superior de la vejiga natatoria. Presentan un órgano adhesivo en la región frontal de la cabeza. La pigmentación se va intensificando en la región cefálica y dorsal del cuerpo. En estadio de pre-flexión, se observan pigmentos en todo el cuerpo, entre los radios de las aletas dorsal, anal y caudal, y sobre el pedúnculo caudal. La apertura anal sobrepasa la porción media del cuerpo. La boca es grande y terminal. La secuencia en la formación de los radios en las aletas es: caudal, dorsal, anal, pélvicas y pectorales (Nakatani *et al.*, 2001) (Figura 18).



Figura 18. Larva de dorado en estadio de pre-flexión sin ojos, con vitelo (SOCV). Escala en dos milímetros.

Las larvas vitelinas del “surubí” (*P. reticulatum*) tienen escasa pigmentación, con pocos cromatóforos en la región ventral del cuerpo, concentrados en la parte anterior y posterior del saco vitelino. Los ojos no tienen pigmentos. La larva pre-flexión mantiene la pigmentación, presentan escasos pigmentos oculares, y las barbillas maxilares comienzan a formarse. En el estadio de flexión, aumenta el número de cromatóforos, distribuyéndose por toda la región ventral del saco vitelino. Se forma el esbozo de la aleta pectoral, los ojos están bien pigmentados y la boca está completamente formada. El opérculo, un par de barbillas maxilares y dos pares de barbillas mentonianas ya están formados. Cuando el vitelo es absorbido en su totalidad, inicia la formación de la aleta dorsal, se forman cromatóforos en la región superior de la vejiga natatoria formando una banda hasta el lado lateral de la cabeza. En estadio de post-flexión la pigmentación es

más intensa sobre la cabeza y el dorso. Se forman las aletas pélvicas, dorsal, anal y adiposa. Al final de este último estadio, la pigmentación forma dos bandas: una dorsal y otra ventral unidos al pedúnculo caudal. Todas las aletas ya están pigmentadas (Andrade *et al.*, 2016) (Figura 19).



Figura 19. Estadios temprano del desarrollo del surubí (*Pseudoplatystoma* spp.). A) larva en pre-flexión tardía (escala en 6 milímetros); B) larva en flexión (escala en dos milímetros) y C) larva en post-flexión. (Figuras A y C de Fuentes, 1998).

Cabe mencionar que las larvas de bogas, sábalo y dorado pueden identificarse con mayor facilidad a partir del estadio más temprano del desarrollo pre-flexión correspondiente a larva sin ojo con vitelo (SOCV), mientras que, a las larvas de surubí, recién es posible identificarlas a nivel genérico al final del estadio de pre-flexión, cuando el ojo está completamente pigmentado y la boca se encuentra abierta. Las larvas de surubí menos desarrolladas, no pueden distinguirse por su morfología de otras especies del grupo Sorubiminae tales como los ejemplares de los géneros *Sorubim*, *Hemisorubim* o *Zungaro*, entre otros.

2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Con el fin de verificar las hipótesis y alcanzar los objetivos planteados en este trabajo, se realizaron diferentes pruebas estadísticas. Los datos tabulados en planillas de EXCEL se exportaron a los programas estadísticos InfoStat versión 2018 y Past versión 3.26 del 2019. La gran cantidad de observaciones sin huevos o larvas a la deriva, determinaron una elevada frecuencia de ceros (0) en la matriz de datos, especialmente cuando se analizaron los resultados obtenidos para las especies de interés comercial y/o

deportivo, impidiendo la aplicación de test paramétricos por incumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Al comparar los resultados de las variables de calidad de agua obtenidas en las transectas, también se recurrió a pruebas no paramétricas debido al incumplimiento del supuesto de normalidad.

Comparaciones entre las derivas de los ríos Paraná y Paraguay

En las comparaciones realizadas para determinar si existieron diferencias significativas en cuanto a las densidades de huevos y larvas totales entre los sitios de muestreo, Corrientes y Puerto Antequera, así como para los diferentes grupos de larvas de peces de interés cuantificadas, se realizó el test de Wilcoxon para muestras pareadas. También se aplicó el mismo test estadístico mencionado anteriormente comparando las variables de calidad del agua entre los dos sitios de muestreos (Corrientes y Puerto Antequera). Este análisis no paramétrico fue escogido al considerar que las diferentes muestras obtenidas en ambos sitios a lo largo de los 3 ciclos de estudio fueron recogidas en el mismo día con escasa diferencia de alrededor de 30 minutos, por lo que no serían independientes (Daniel, 1978).

ANÁLISIS MULTIVARIADO

Análisis de Correlación Canónica (ACC)

El ACC busca identificar y cuantificar las asociaciones lineales entre dos grupos de variables y se enfoca en la correlación entre combinaciones lineales pertenecientes a estos grupos. Se determina el par de combinaciones lineales que tienen la correlación más alta, luego el segundo par cuya correlación es menor o igual a la primera, y así sucesivamente. Estos pares de combinaciones lineales se denominan variables canónicas, y sus correlaciones, las correlaciones canónicas, miden la fuerza de asociación entre los

dos grupos de variables (Castillo *et al.*, 2007; Urrutia *et al.*, 2011).

En este trabajo el ACC se realizó para interpretar la existencia o no de asociación entre un conjunto que podría considerarse de variables independientes, constituido por las variables físico químicas de calidad de agua, el régimen hidrológico y los vientos, y otro conjunto (variables dependientes) formado por la composición y abundancia del ictioplancton.

Para este análisis se incluyeron 87 muestras correspondientes a Corrientes (n=33), Puerto Antequera (n=36), Paso de la Patria (n=18). No se incluyeron muestras de Las Palmas, debido a la falta de registros completos de las variables de calidad de agua. Los datos biológicos fueron transformados a logaritmo para evitar que los valores muy elevados distorsionaran el análisis. El ACC requiere que todas las muestras contengan al menos un valor distinto de cero en la matriz de variables biológicas, y que tanto para estas variables como las ambientales contengan registros completos, lo que obligó a descartar a la mayoría de las muestras de invierno (sin resultados distinto de cero) así como a todas aquellas en que no se pudieron relevar todos los parámetros de calidad de agua.

Análisis de Componentes Principales (ACP)

En el ACP se realizan transformaciones ortogonales de las variables originales para conseguir un nuevo conjunto de variables no correlacionadas, denominadas Componentes Principales, que se obtienen en orden decreciente de importancia. Las componentes son combinaciones lineales de las variables originales y se espera que, solo unas pocas (las primeras) recojan la mayor parte de la variabilidad de los datos, obteniéndose una reducción de la dimensión en los mismos (Villardón, 2002).

Para la realización del ACP, solo se incluyeron los resultados correspondientes a la información biológica del ictioplancton, lo que permitió que se analizara un número mayor de muestras al involucrado en el ACC; en total el análisis fue conducido sobre un total de 204 muestras, las que correspondieron a Corrientes (n=87), Puerto Antequera (n=90), Paso de la Patria (n=25) y Las Palmas (n=2). También aquí se trabajó con los datos biológicos transformados a logaritmo. Esta técnica permite analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad del conjunto de observaciones. Se trata de encontrar un nuevo conjunto de variables (componentes principales) no correlacionadas que expliquen la estructura de variación encontrada.

Análisis de regresión

Con los scores obtenidos a partir de la realización del ACP, para cada muestra de ictioplancton de los tres primeros componentes principales, se realizaron análisis de regresión lineal simple entre los scores obtenidos (consideradas variables dependientes), y las diferentes variables ambientales registradas (variables independientes), tales como el caudal de los ríos Paraná (en Puerto Corrientes), Paraguay (suma de caudales de los ríos Bermejo y Paraguay en Puerto Pilcomayo), Bermejo (en El Colorado) y río Paraguay (en Puerto Pilcomayo), la temperatura del agua, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y el pH.

TRANSECTAS

Para determinar si los puntos de muestreo seleccionados para la colecta semanal de muestras son representativos de las derivas de los ríos Paraná y Paraguay, los datos de calidad de agua obtenidos en las transectas realizadas a la altura de Corrientes–Puerto

Antequera se compararon mediante la prueba no paramétrica de Friedman. Cuando se detectaron diferencias significativas entre los puntos de muestreo se realizaron comparaciones múltiples *a posteriori* (Daniel, 1978).

Análisis de correlación

Con los valores estimados para la densidad media de huevos de peces en general y de larvas de los grupos de interés comercial y/o deportivo (bogas, sábalo, dorado y surubí) se realizaron análisis de correlación de Spearman (Daniel, 1978), con el objeto de analizar la relación de las capturas en los sitios Corrientes y Puerto Antequera con las variables hidrológicas (Caudal del río Paraná en puerto Corrientes, caudal del río Paraguay en puerto Pilcomayo, caudal del río Bermejo, nivel hidrométrico del río Paraná en puerto Corrientes, nivel hidrométrico del río Paraguay en puerto Bermejo, nivel hidrométrico del río Bermejo, nivel hidrométrico del río Pilcomayo), variables de calidad del agua (temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno y pH) y variables climáticas (precipitaciones en zona de Corrientes, en la región del río Bermejo y en cercanías del río Paraguay en puerto Pilcomayo). Se emplearon, exclusivamente, los resultados de las muestras de los tres ciclos correspondientes a las estaciones de primavera y verano, comprendidas entre 2012 y 2015.

En todos los test estadísticos mencionados anteriormente se consideró la ocurrencia de diferencias significativas cuando los valores de p , asociados a la comparación, fueron menores a 0,05 ($p < 0,05$).

Capítulo 3

RESULTADOS

3. – RESULTADOS

3.1 ABUNDANCIA DEL ICTIOPLANKTON

A lo largo de todo el estudio, se colectaron 5127 huevos y 43097 larvas (sin considerar las transectas). De este total de larvas, 4216 correspondieron a especies de interés comercial y/o deportivo (9,78 % del total). Se registraron huevos y larvas en los cuatro sitios de muestreo, Corrientes, Puerto Antequera, Paso de la Patria y Las Palmas. La mayoría de las larvas se encontraron en estadio pre-flexión en todos los sitios. Además de las larvas de especies de peces de interés comercial y/o deportivo, también se clasificaron otros grupos de larvas de peces consignadas en el ANEXO. Entre los más importantes se identificaron individuos pertenecientes a la familia Curimatidae (Figura VIII en anexo), Cynodontidae (chafalote, Figura IX en anexo), Pimelodidae, Subfamilia Luciopimelodinae (patíes, Figura X en anexo), Pimelodinae (bagres, Figura XI en anexo) y Sorubiminae (manduvés, Figura XII en anexo, y surubíes), y la familia Sciaenidae (corvinas, Figura XIII en anexo).

De un total de 87 muestreos (ver Tabla I en anexo) correspondientes al sitio de muestreo Corrientes (n=146), se colectaron 1236 huevos y 8616 larvas (sin incluir las transectas), mayoritariamente vitelinas o poco desarrolladas (en estadio de pre-flexión). Los recuentos de larvas clasificadas como No Siluriformes en estadio de pre-flexión y de flexión fueron 4093 y 6 respectivamente. El número de individuos clasificadas como Siluriformes fue 2357 en pre-flexión, 59 en flexión y 4 en post-flexión. Se registraron 2097 larvas recién eclosionadas no identificadas. Del total de larvas colectadas, se identificaron 388 ejemplares perteneciente a alguna de las especies de interés comercial y/o deportivo (4,50% del total): 210 bogas, 80 sábalos, 92 dorados y 6 surubíes.

En Puerto Antequera (n=131) se colectaron 2151 huevos y 20898 larvas

(excluyendo las transectas), también principalmente vitelinas, aunque con una mayor proporción de estadios más desarrollados, valores correspondientes al mismo número de muestreos que en Corrientes (ver Tabla II en anexo). Dentro de las larvas clasificadas como No Siluriformes, se obtuvieron 14800 individuos en estadio pre-flexión, 13 en flexión y 1 en post-flexión. El grupo de larvas Siluriformes, se constituyó de 4263 ejemplares en estadio pre-flexión, 657 en flexión y 26 en post-flexión. Las larvas recién eclosionadas no identificadas fueron un total de 1138. En este sitio la cantidad de larvas identificadas como especies de interés comercial y/o deportivo fue 1265 (6,05% del total): 461 bogas, 683 sábalo, 14 dorados y 107 surubíes.

En Paso de la Patria (n=59) se realizaron 31 muestreos (ver Tabla III en anexo) y se colectaron 1166 huevos y 5902 larvas, mayoritariamente vitelinas o poco desarrolladas (en estadio de pre-flexión). Se identificaron 4135 larvas No Siluriformes en pre-flexión. Dentro del grupo de larvas Siluriformes, se contaron 1643 en estadio pre-flexión, 10 en flexión y 1 en post-flexión. El total de larvas recién eclosionadas no identificadas fue 113. Se clasificaron 1512 ejemplares de larvas correspondientes a especies de interés comercial y/o deportivo (25,62% del total): 26 bogas, 1387 sábalo y 99 dorados, sin observarse larvas de surubíes.

El total de muestreos en Las Palmas (ver Tabla IV en anexo) fue igual al número de muestras analizadas (n=33) y se colectaron 574 huevos y 7681 larvas. Las larvas clasificadas como No Siluriformes en estadio pre-flexión fue 4529, 4 en flexión y 2 en post-flexión. Dentro del grupo Siluriformes, se cuantificaron 1694 individuos en estadio pre-flexión, 318 en flexión y 116 en post-flexión. El número de larvas recién eclosionadas no identificadas fue 1018. Del total de larvas colectadas, 1035 pudieron identificarse como especies de interés comercial y/o deportivo (13,47% del total): 710

bogas, 208 sábalos y 117 surubíes, sin registrarse larvas de dorado.

Las larvas de especies de interés comercial y/o deportivo se capturaron tanto en Puerto Antequera como en Corrientes, aunque la abundancia de surubí fue superior en Puerto Antequera y la de dorado en Corrientes.

Las larvas de bogas, sábalo y dorado estuvieron constituidas, solamente, por ejemplares en estadio de pre-flexión (Figura 20 A, B y C respectivamente), mientras que las larvas de surubí se encontraron en estadios de pre-flexión tardía (inicio de flexión) y flexión (Figura 21 A y B respectivamente). La distribución porcentual relativa de las larvas de peces de las principales especies de interés comercial y/o deportivo capturadas en los 4 sitios de muestreo se presenta en la Figura 22.



Figura 20. Larvas en estadio de pre-flexión de A) boga; B) sábalo y C) dorado. (Escala en 2 milímetros).

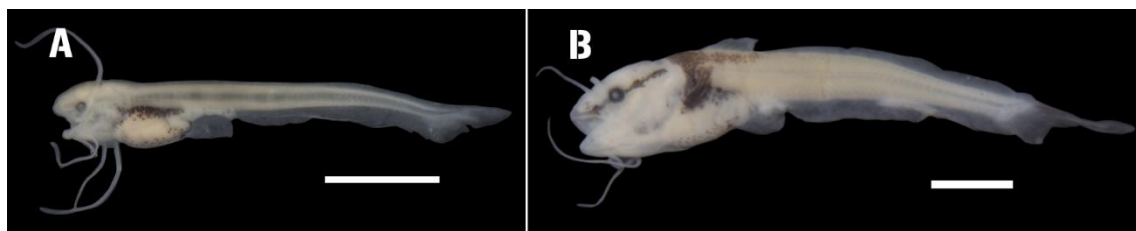


Figura 21. Larvas de surubí en estadios de A) final del estadio pre-flexión (inicio de flexión) y B) flexión. (Escala en 2 milímetros).

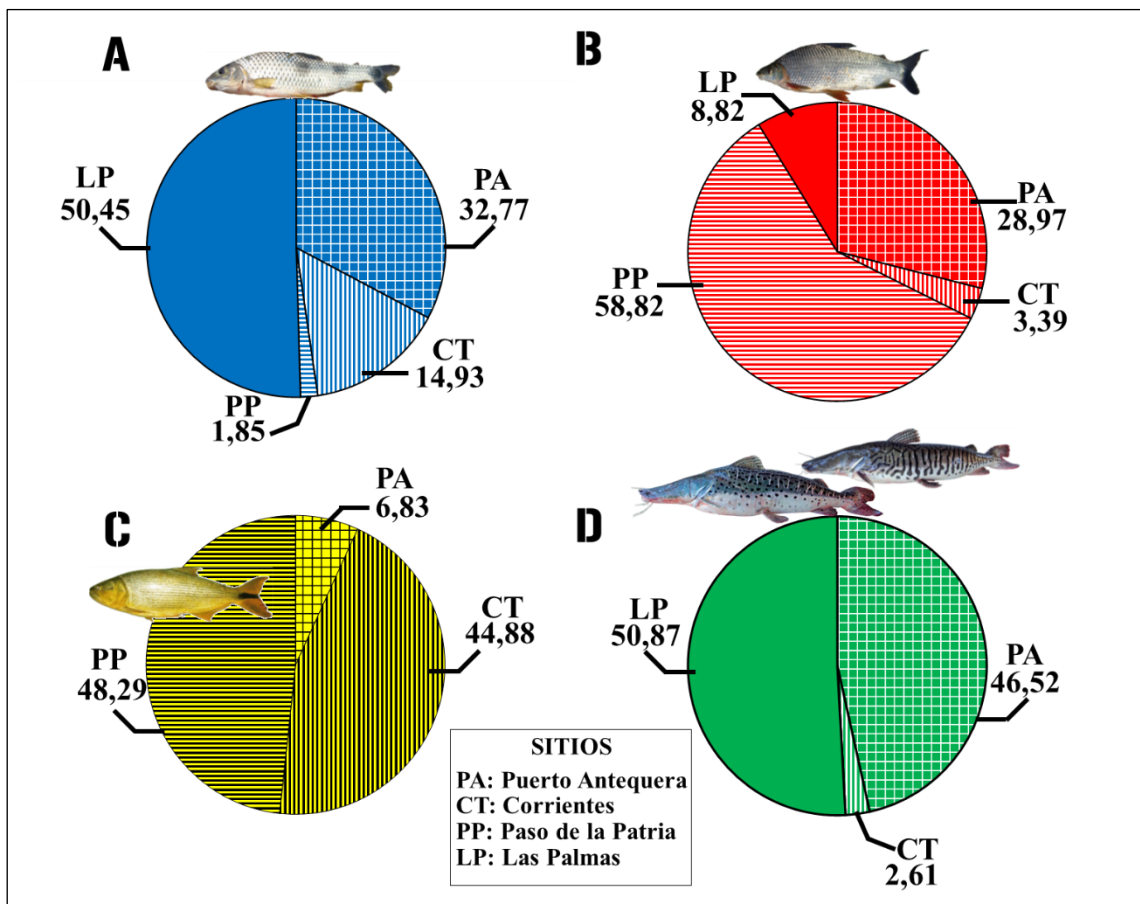


Figura 22. Distribución porcentual de larvas de especies de interés comercial y/o deportivo discriminada por sitio de muestreo. Se identificaron larvas de A) bogas (gráfico de torta azul), B) sábalo (gráfico de torta roja), C) dorado (gráfico de torta amarilla) y D) surubí (gráfico de torta verde) en los sitios Corrientes (líneas verticales), Puerto Antequera (cuadrículas), Paso de la Patria (líneas horizontales) y Las Palmas (sin tramado).

Las densidades promedio de huevos y larvas totales en el río Paraná resultaron significativamente mayores en el sitio Puerto Antequera ($p < 0,05$; Tabla 2). Entre las especies de interés comercial y/o deportivo, las densidades de larvas de bogas, sábalo y surubí fueron significativamente mayores en Puerto Antequera, y la de dorado fue mayor en Corrientes ($p < 0,05$; Tabla 2).

Tabla 2. Promedios de la densidad de huevos de peces en general, larvas totales y de larvas de peces de los cuatro grupos de interés comercial y/o deportivo comparadas entre los sitios de Corrientes (CT) y Puerto Antequera (PA) y test de Wilcoxon.

Variable	Promedio CT	Promedio PA	N	Z	P (Wilcoxon)
Huevos .m ⁻³	0,81	1,25	88	-3,71	0,0002
Larvas .m ⁻³	6,29	13,58	88	4,43	<0,0001
Bogas .m ⁻³	0,17	0,41	88	2,56	0,0106
Sábalo .m ⁻³	0,28	0,42	88	-2,56	0,0105
Dorado .m ⁻³	0,08	0,02	88	-7,88	<0,0001
Surubí .m ⁻³	0,004	0,066	88	-8,28	<0,0001

3.2. VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS E HIDROLÓGICAS

En el Anexo se presentan las diferentes figuras de los gráficos donde pueden apreciarse en detalle las variaciones mensuales de las variables físico-químicas estimadas a lo largo del presente estudio, comparando los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera (ver Figuras II al VII en anexo). A continuación, se mencionan las principales características ambientales en la zona de muestreos y la significación estadística de las comparaciones entre los valores estimados en los sitios seleccionados, para caracterizar las derivas provenientes de los ríos Paraná y Paraguay (Tabla 3).

Durante el período estudiado se registraron dos incrementos importantes del caudal del río Paraná en invierno en 2013 y 2014, y varios picos de menor magnitud y duración durante las estaciones de primavera-verano (ver Figura I en anexo). La temperatura del agua presentó una variación estacional característica asociada a la

temperatura ambiente, con valores generalmente mayores en costa chaqueña (sitio Puerto Antequera), comparados con el sitio Corrientes, resultando en un promedio estadísticamente superior ($p < 0,05$; Tabla 3). La conductividad y la turbidez también fueron estadísticamente superiores en la margen derecha ($p < 0,05$; Tabla 3), con diferencias particularmente importantes durante el verano, cuando ocurren las crecientes estacionales del río Bermejo. La transparencia medida con el disco de Secchi sigue un patrón inverso, con valores superiores en la costa correntina (sitio Corrientes, $p < 0,05$; Tabla 3) y una marcada disminución en el lado chaqueño, cuando aumenta el aporte del río Bermejo. También los valores estimados para el oxígeno disuelto fueron superiores en la margen izquierda ($p < 0,05$; Tabla 3), midiéndose en general tenores cercanos al 100% de saturación para la deriva del río Paraná, y valores que en ocasiones fueron muy bajos en costa chaqueña (menores al 50% en julio de 2014, ver Anexo). El pH fue la única variable de calidad del agua que no varió significativamente entre ambas márgenes ($p > 0,05$; Tabla 3).

Tabla 3. Promedios estimados para las variables de calidad del agua medidas en los sitios de muestreo Corrientes (CT) y Puerto Antequera (PA) y valores empleados en la comparación de datos pareados de Wilcoxon. Temperatura del agua (TA), pH del agua, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), saturación de oxígeno (SO), transparencia y turbidez.

Variable	Promedio CT	Promedio PA	N	Z	p (Wilcoxon)
TA (°C)	24,86	25,54	85	7,04	<0,0001
pH	7,19	7,14	85	-1,83	0,0680
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	59,68	122,41	83	7,84	<0,0001
OD (mg. l ⁻¹)	8,09	7,35	85	-7,64	<0,0001
SO %	97,13	83,87	85	-7,60	<0,0001
Transparencia (cm)	109,83	31,31	38	-5,37	<0,0001
Turbidez (NTU)	13,34	165,19	48	5,92	<0,0001

3.3. ANÁLISIS MULTIVARIADO

3.3.1. Análisis de Correlación Canónica (ACC)

En el espacio canónico representado en la Figura 23 a partir de los dos primeros ejes, se observa un buen nivel de segregación de varios puntos correspondientes a muestras de los sitios Corrientes y Paso de la Patria. Estas muestras están asociadas a la presencia abundante de larvas de sábalo y dorado, y a elevados niveles hidrológicos y de caudales del río Paraná. Las muestras mencionadas anteriormente, se diferencian marcadamente respecto de otras correspondientes a Puerto Antequera, en las que predominaron larvas de Siluriformes y de Characiformes de la familia Curimatidae, asociados al régimen hidrológico del río Paraguay y sus tributarios principales. Dichas larvas también se asociaron a las principales variables de calidad de agua del río Paraguay, tales como la temperatura, la conductividad eléctrica y la turbidez, que fueron mayores a los del río Paraná.

En la Tabla 4 se presentan los valores propios de cada eje canónico, correspondiendo más del 60% de la variación a la suma de los dos primeros ejes. También en este análisis, realizado con un total de 87 muestras, se observa, en el centro del triplot, cierta superposición entre puntos correspondientes a las muestras de los sitios de Corrientes, Puerto Antequera y Paso de la Patria, junto a variables que no tendrían mayor importancia al momento de explicar la variabilidad observada. El efecto de los vientos, que se incluyó al considerar que podría acelerar la mezcla de las plumas de cada río dependiendo de cómo incida respecto de la corriente del río, sólo tiene cierta importancia cuando sopla del NE, lo que se refleja en el triplot, en el espacio de la derecha, donde en algunos puntos de Puerto Antequera y Corrientes se superponen.

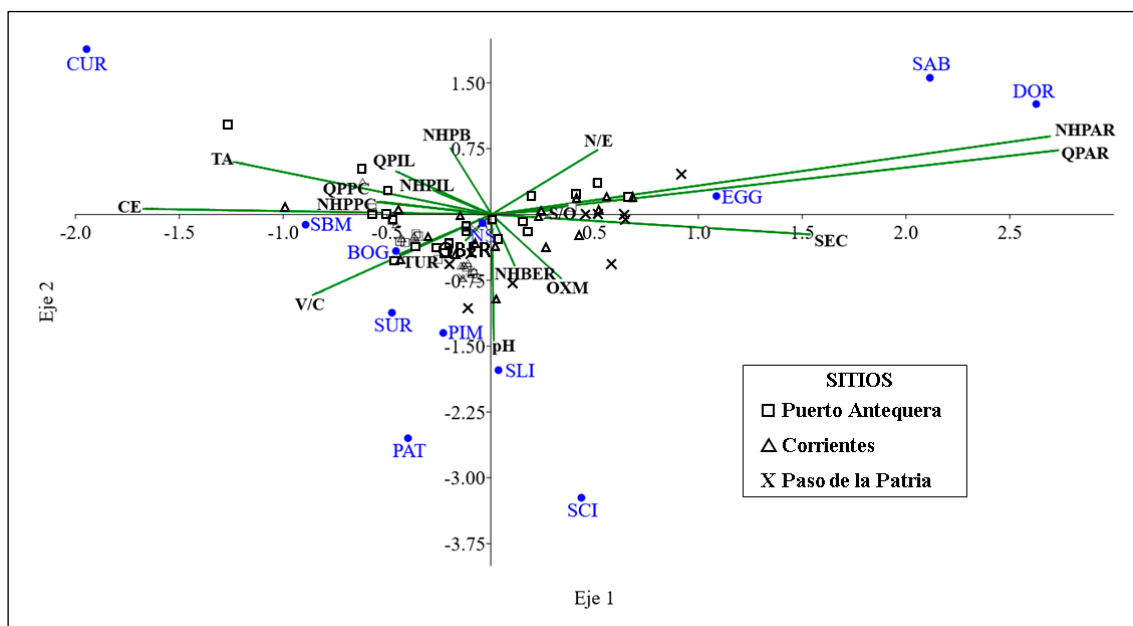


Figura 23. Análisis de Correlación Canónica en 3 sitios de muestreo, 12 elementos del ictioplancton clasificados (círculo azul) y 18 variables ambientales. Sitios: Corrientes (triángulos); Paso de la patria (equis) y Puerto Antequera (cuadrados). Ictioplancton: Bogas (BOG); Curimatidae (CUR); Dorado (DOR); Huevos (EGG); No Siluriformes (NS); Patí (PAT); Pimelodinae (PIM); Sábalo (SAB); Surubiminae (SBM); Sciaenidae (SCI); *Sorubim lima* (SLI) y Surubí (SUR). Variables ambientales: Conductividad eléctrica (CE); Nivel Hidrométrico del río Bermejo (NHBER); Nivel Hidrométrico del río Paraná (NHPAR); Nivel Hidrométrico del río Pilcomayo (NHPIL); Nivel Hidrométrico en Puerto Bermejo (NHPB); Nivel Hidrométrico en Puerto Pilcomayo (NHPPC); Concentración de Oxígeno (OXM); Potencial de Hidrogeno (pH); Caudal del río Bermejo (QBER); Caudal del río Paraná (QPAR); Caudal del río Pilcomayo (QPIL); Caudal en Puerto Pilcomayo (QPPC); Transparencia (SEC); Temperatura del Agua (TA); Turbidez (TUR); Vientos: Norte/Este (N/E); Sur/Oeste (S/O) y Variable/Cambiante (V/C).

Tabla 4. Valores Propios de las Correlaciones Canónicas y los porcentajes de la variabilidad explicada.

Eje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V. P.	0,16151	0,07174	0,05104	0,03025	0,02158	0,0168	0,0094	0,00542	0,00345	0,00201	0,00178
%	43,07	19,13	13,61	8,067	5,755	4,482	2,509	1,448	0,9203	0,5369	0,4756

3.3.2. Análisis de Componentes Principales (ACP)

En la figura 24 se presentan los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP), test que fue realizado considerando solo los valores obtenidos para el ictioplancton, siempre que al menos algún grupo fuera distinto de cero, alcanzando un total de 204 muestras válidas. Este número de muestras fue claramente superior al empleado en el ACC, debido a que dicho análisis impone la restricción de que cada registro deba contar con todas las variables físico-químicas medidas, lo que no siempre ocurrió. La dispersión de las muestras observada al analizar los componentes principales 1 (que explica un 29,8 % de la variación) y 2 (que explica un 13,7 % de la variación), muestran que el segundo componente separa claramente algunas muestras de Puerto Antequera respecto de otras correspondientes a Corrientes y Paso de la Patria. La importancia del componente 2 se aprecia mejor al observar el biplot de los componentes principales 2 y 3 (este último explica el 10,7 % de la variación), donde la segregación de las muestras obtenidas en la costa correntina está asociada a la presencia de huevos en general y a larvas de sábalo y dorado, respecto de las obtenidas en la costa chaqueña en las que predominan los Siluriformes. En la Tabla 5 se presentan los valores propios de cada componente principal, correspondiendo más del 54 % de la variación a la suma de los tres primeros componentes principales.

Tabla 5. Valores Propios de las Componentes Principales y los porcentajes de la variabilidad explicada.

C.P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
V.P.	3,88	1,78	1,39	1,07	0,98	0,91	0,72	0,66	0,59	0,41	0,33	0,15	0,12
%	29,82	13,72	10,68	8,21	7,54	7,02	5,54	5,11	4,58	3,15	2,51	1,17	0,95

Los valores de p asociados a los resultados de los análisis de regresión, realizados para modelizar la relación entre los scores correspondientes a cada muestra para los tres componentes principales, que explican la mayor parte de la variabilidad observada en el ictioplancton y las principales variables ambientales, se presentan en la Tabla 6. Puede observarse que la pendiente obtenida de la regresión entre CP 1 y los caudales de los ríos Paraná, Paraguay y Bermejo, la temperatura del agua y la conductividad eléctrica fueron positivas. Mientras que la relación para las concentraciones de oxígeno disuelto y el pH fueron negativas, y los valores de p fueron significativas ($p < 0,05$) para todas las variables. Para CP 2, se obtuvieron pendientes positivas para la mayoría de las variables, excepto la temperatura del agua y la conductividad eléctrica, con valores de p significativos con excepción del pH. Para el CP 3, las pendientes relacionadas con los caudales fueron negativas y ninguna de las variables fue significativa.

Tabla 6. Valores estimados para la pendiente de regresión (análisis de regresión lineal simple) entre los scores de cada muestra obtenidos para los tres primeros componentes principales y el caudal de los ríos Paraná (Q P, en Puerto Corrientes), Paraguay (Q Py, suma de caudales de los ríos Bermejo y Paraguay en Puerto Pilcomayo), Bermejo (Q B, en El Colorado) y río Paraguay (Q PY P, en Puerto Pilcomayo), la temperatura del agua (TA), la conductividad eléctrica (CE), el oxígeno disuelto (O_2 mg l⁻¹) y pH. Los $p < 0,01$: valor en negrita y subrayado; $p < 0,05$ y $> 0,01$: valor en negrita; $p > 0,05$: texto normal.

C P	Q P	Q PY	Q B	Q Py P	TA	CE	O2 mg/l	pH
1	<u>5,82</u>	<u>283,97</u>	<u>808,97</u>	<u>4865,48</u>	<u>8,08</u>	1,83	<u>-6,66</u>	<u>-0,84</u>
2	3,31	158,65	451,33	2712,34	<u>-4,31</u>	<u>-2,38</u>	<u>4,48</u>	0,21
3	-0,32	-16,08	-45,92	-276,51	0,3	0,41	0,96	0,17

3.4. TRANSECTAS

3.4.1. Ictioplancton

En la transecta de marzo de 2013 se observó que la captura de larvas fue mayor sobre la margen izquierda hasta el centro del río (puntos I, II y III), mientras que los valores más altos de densidad de huevos se estimaron en el punto III (Figura 25 A). En todos los puntos, la densidad de larvas No Siluriformes fue mayor (figura 25 B). Se registraron larvas de bogas, sábalo y dorado principalmente en los puntos I a IV (Figura 26), sobre margen correntina. No se capturaron larvas de surubíes en ninguno de los puntos.

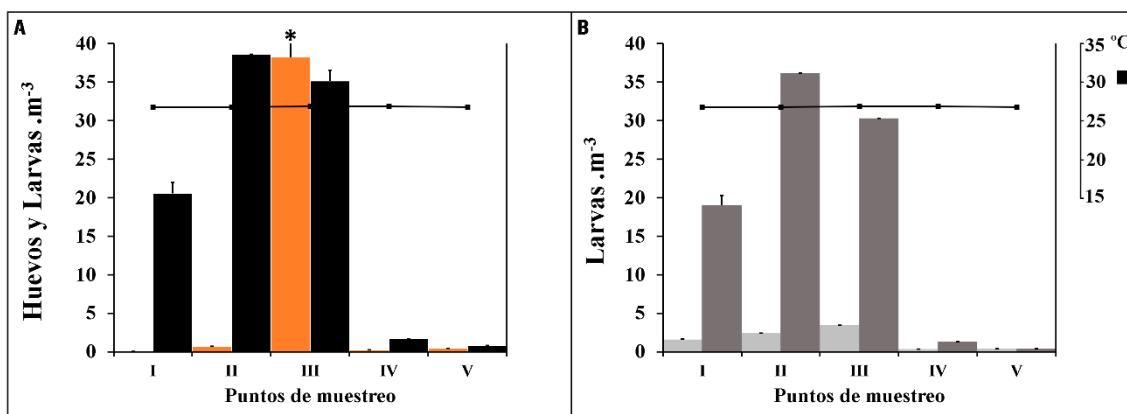


Figura 25. Transecta de marzo de 2013. A) Densidad promedio de huevos (barras naranjas) y larvas (barras negras). Error estándar = 38,27 de huevos situado en el punto III (asterisco). B) Densidad promedio de larvas Siluriformes (barras grises claro) y No Siluriformes (barras grises oscuro) y temperatura del agua (cuadrados), en el eje Corrientes–Puerto Antequera. El caudal del río Bermejo fue de 400 m³.s⁻¹, del río Paraguay 2075 m³.s⁻¹ y del río Paraná 19682 m³.s⁻¹.

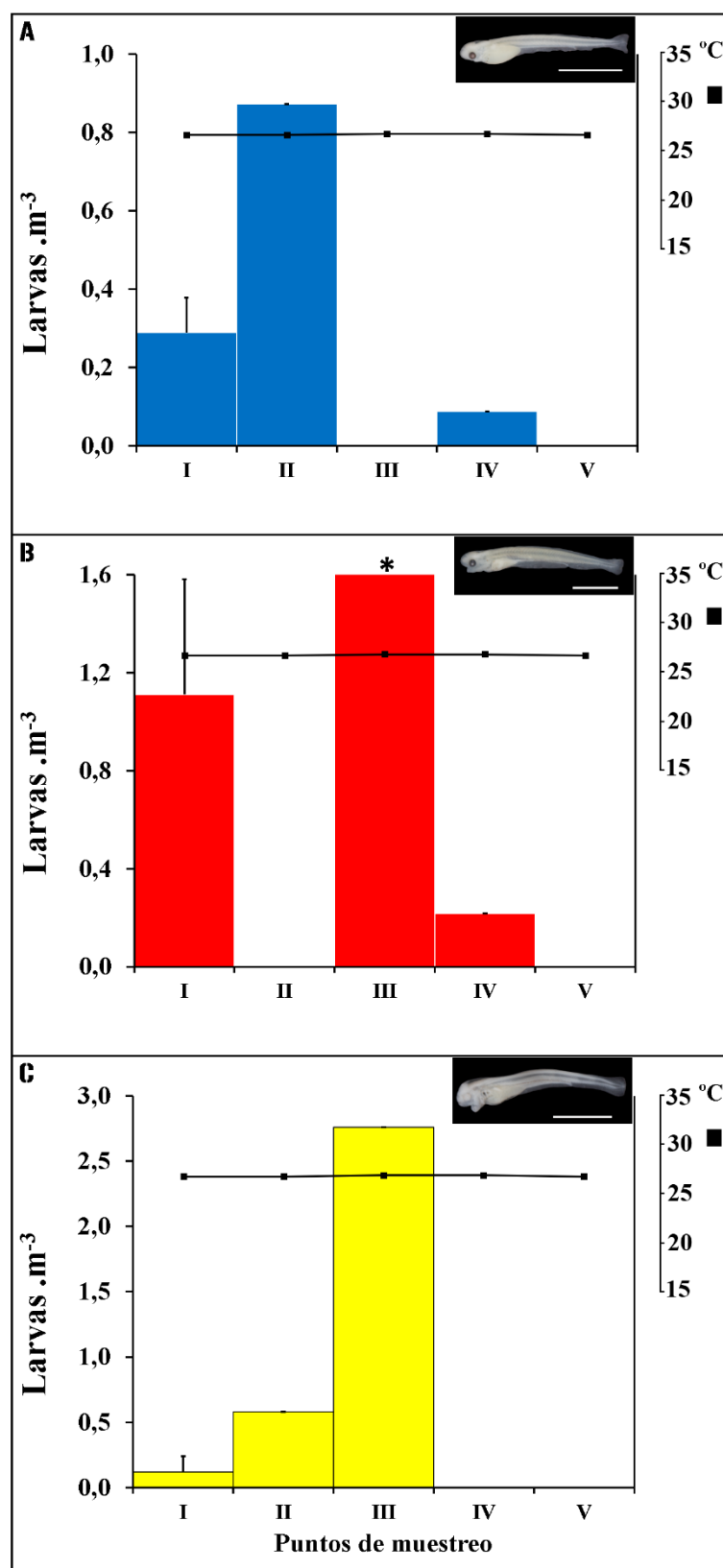


Figura 26. Transecta de marzo de 2013. Densidad promedio de larvas de A) bogas (barras azules), B) sábalo (barras rojas), densidad promedio en el punto III= 27,6 (asterisco) y C) dorado (barras amarillas). Temperatura del agua (cuadrados), en el eje Corrientes–Puerto Antequera. El caudal del río bermejo fue de 400 m³.s⁻¹, del río Paraguay 2075 m³.s⁻¹ y del río Paraná 19682 m³.s⁻¹.

En la transecta de octubre de 2014, se registró un gran aporte de huevos y larvas en los cinco puntos de muestreo. Se estimaron valores superiores de densidad de huevos hacia la zona central del río (Figura 27 A), mientras que los valores de larvas de Siluriformes y No Siluriformes a lo largo de toda la transecta fueron relativamente homogéneos (Figura 27 B).

Las larvas de bogas y surubí se capturaron mayoritariamente hacia la costa chaqueña, mientras que las larvas de sábalo y dorado fueron más abundantes hacia la costa de Corrientes (Figura 28).

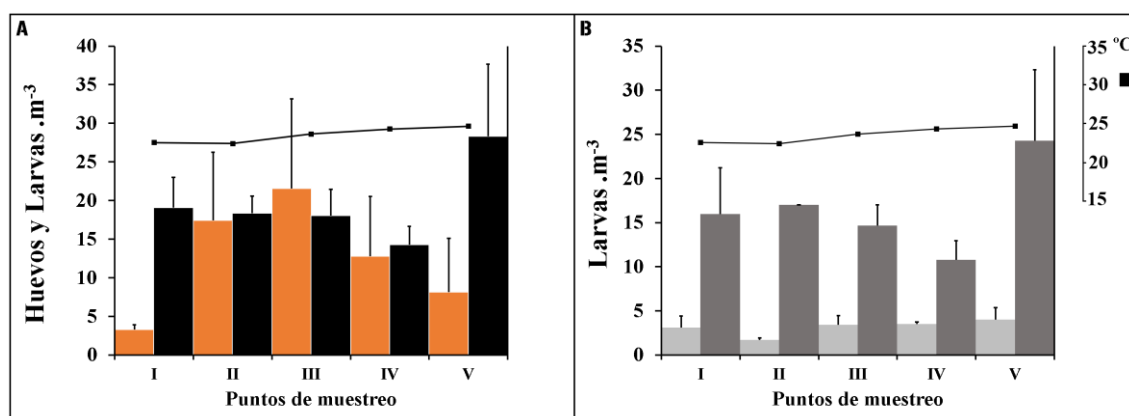


Figura 27. Transecta de octubre de 2014. A) Densidad promedio de huevos (barras naranjas) y larvas (barras negras). B) Densidad promedio de larvas Siluriformes (barras grises claro) y No Siluriformes (barras grises oscuro) y temperatura del agua (cuadrados), en el eje Corrientes–Puerto Antequera. El caudal del río Bermejo fue de $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, del río Paraguay $5127 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y del río Paraná $20332 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

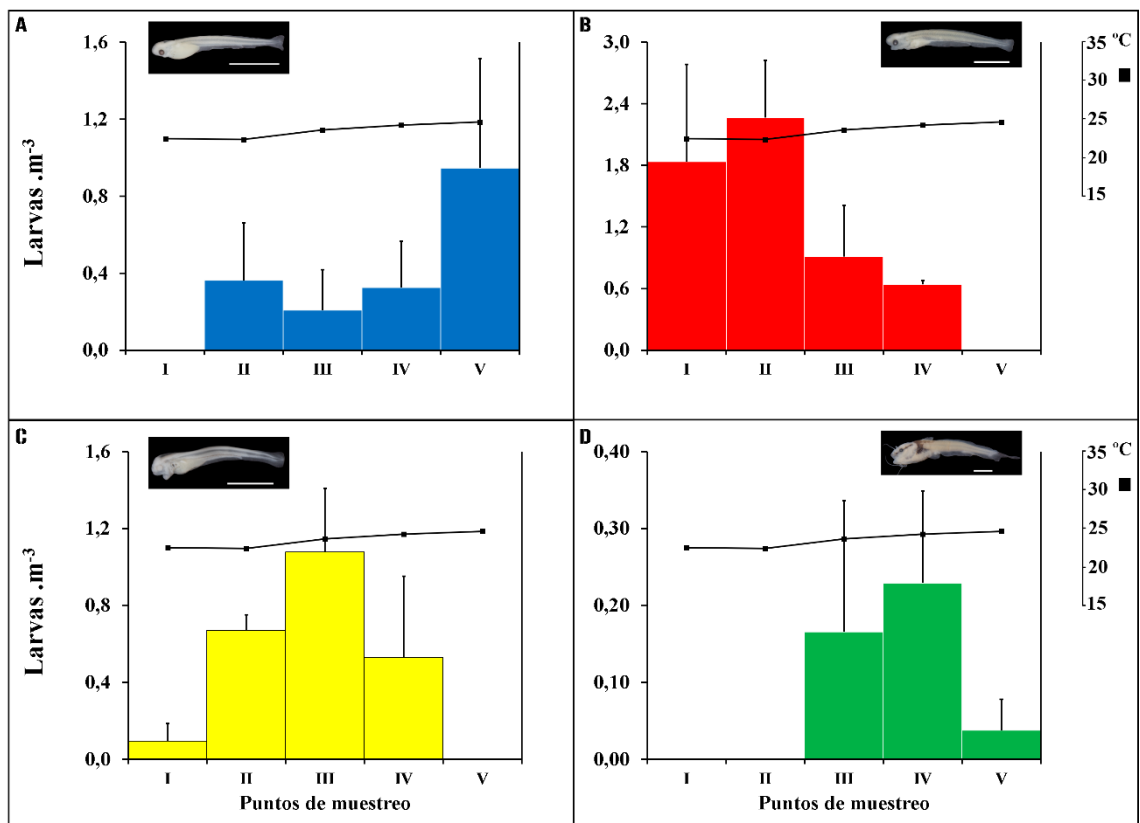


Figura 28. Transecta de octubre de 2014. Densidad promedio de larvas de A) bogas (barras azules), B) sábalo (barras rojas), C) dorado (barras amarillas) y D) surubí (barras verdes). Temperatura del agua (cuadrados), en el eje Corrientes–Puerto Antequera. El caudal del río Bermejo fue de $50 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, del río Paraguay $5127 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ y del río Paraná $20332 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

La transecta de enero de 2015 se caracterizó por una elevada densidad de huevos y larvas en todos los puntos de muestreo, observándose los mayores valores para huevos hacia el centro del río y los correspondientes a larvas hacia margen izquierda (Figura 29 A). Las densidades de larvas de tipo No Siluriformes fueron mayores que las larvas de tipo Siluriformes en los 5 puntos de muestreo (Figura 29 B).

Se capturaron larvas de bogas, sábalo y dorado en todos los puntos (con mayor densidad hacia costa correntina en las dos últimas especies), mientras que las larvas de surubí sólo se capturaron hacia la costa chaqueña (Figura 30).

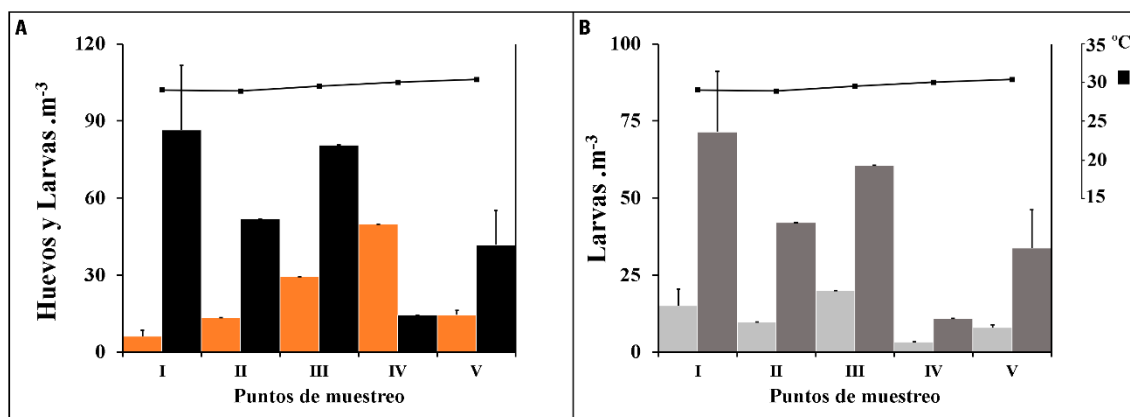


Figura 29. Transecta de enero de 2015. A) Densidad promedio de huevos (barras naranjas) y larvas (barras negras). B) Densidad promedio de larvas Siluriformes (barras grises claro) y No Siluriformes (barras grises oscuro) y temperatura del agua (cuadrados), en el eje Corrientes–Puerto Antequera. El caudal del río Bermejo fue de $364 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, del río Paraguay $4059 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ y del río Paraná $18056 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

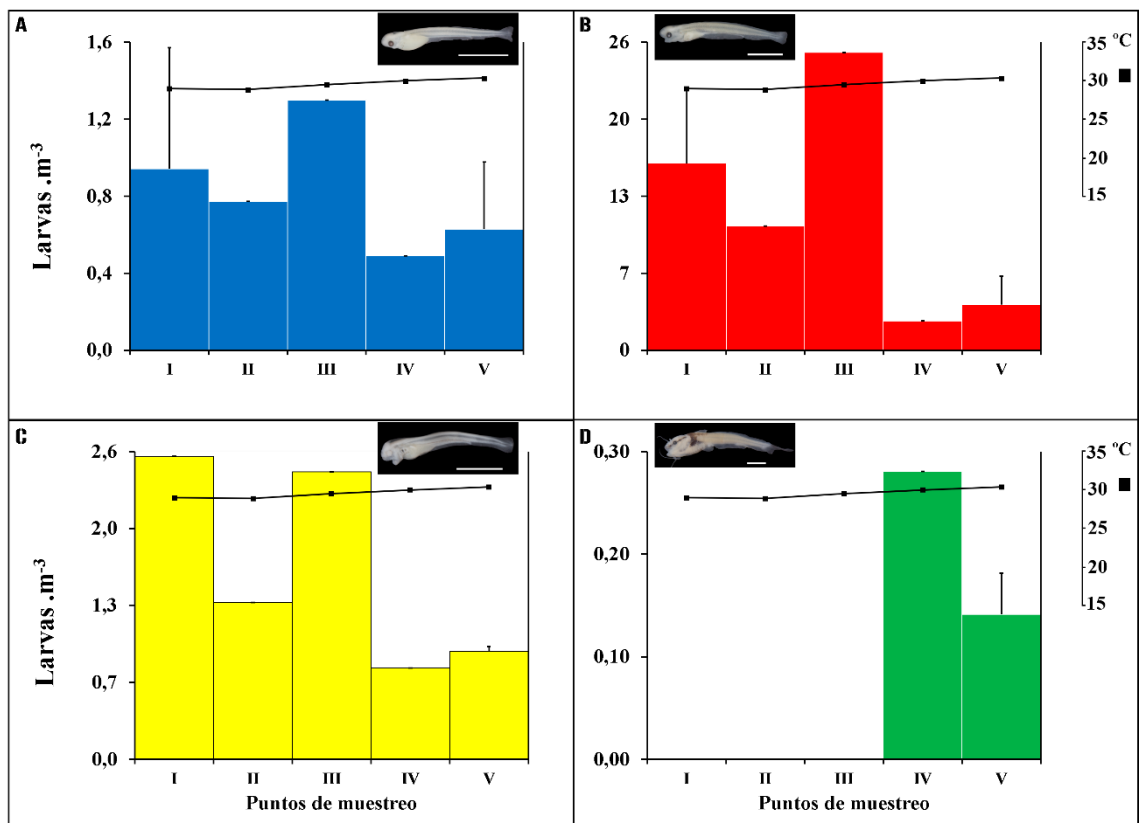


Figura 30. Transecta de enero de 2015. Densidad promedio de larvas de A) bogas (barras azules), B) sábalo (barras rojas), C) dorado (barras amarillas) y D) surubí (barras verdes). Temperatura del agua (cuadrados), en el eje Corrientes–Puerto Antequera. El caudal del río Bermejo fue de $364 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, del río Paraguay $4059 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ y del río Paraná $18056 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

3.4.2. Variables Físico–Químicas e Hidrológicas

En la Tabla 7 se presentan los valores estimados de las diferentes variables físico–químicas e hidrológicas de los sitios de muestreo considerados para representar la deriva de los ríos Paraná y Paraguay. Adicionalmente se presentan los valores del nivel hidrométrico del río Paraná en Puerto Corrientes y los caudales absolutos y porcentuales de los ríos Paraná y Paraguay. También se muestran imágenes de los satélites Landsat 7 y 8 del río Bermejo, en la zona de confluencia con el río Paraguay, y de este último en la zona de confluencia con el río Paraná, cercanas a las fechas de muestreo de las transectas en marzo de 2013, fines de septiembre de 2014 (muestreo en octubre del mismo año) y enero de 2015 (Figuras 31, 32 y 33 respectivamente). En marzo de 2013 la diferencia entre ambas márgenes (sitios I y V) es máxima en términos de conductividad y turbidez, observándose valores intermedios en enero de 2015 y más homogéneos en octubre de 2014 (Tabla 7).

Tabla 7. Promedios estimados para las variables de calidad de agua en los cinco puntos de muestreo durante las tres transectas realizadas en el río Paraná a la altura del eje Corrientes–Puerto Antequera. Nivel hidrométrico del río Paraná en Corrientes (NH C), caudales de los ríos Paraná (Puerto Itatí, aguas arriba de confluencia, Q IT), Paraguay (suma de caudales del Puerto Pilcomayo y del Río Bermejo, Q PY), Paraguay (en Puerto Pilcomayo, Q PP), Bermejo (Q BE) y Pilcomayo (Q PI) y los porcentajes relativos del aporte de los ríos Paraná y Paraguay (% P y Py respectivamente). Letras diferentes junto a los promedios de las variables de calidad de agua indican la ocurrencia de diferencias significativas entre los rangos estimados en las comparaciones *a posteriori* del Test de Friedman ($p < 0,05$).

Fecha	Variable	I	II	III	IV	V	NH C	Q IT	Q PY	Q PP	Q BE	Q PI	% P	% PY
12/03/2013	Temperatura	25,40 a	25,40 ab	25,50 abc	25,50 c	25,42 abc	4,24	16965	2075	1675	400	401	89,1	10,9
	OD %	91,50 a	93,28 bc	96,80 d	95,06 d	92,64 b								
	pH	7,49 ab	6,97 a	7,61 bc	7,91 d	7,87 d								
	Conductividad	56,40 a	57,64 b	60,38 c	96,54 d	121,50 e								
	Turbidez	6,58 a	7,24 b	11,58 c	177,60 d	307,40 e								
02/10/2014	Temperatura	22,28 ab	21,88 a	22,88 bc	23,46 cd	23,62 d	4,64	17944	5127	5077	50	39	77,8	22,2
	OD %	98,12 d	98,58 e	94,04 c	80,54 a	85,78 b								
	pH	7,12 a	7,02 a	6,92 a	6,98 a	7,12 a								
	Conductividad	53,60 a	58,10 b	74,88 c	86,90 d	92,00 e								
	Turbidez	7,00 a	10,00 b	12,92 cd	13,62 e	12,52 c								
05/01/2015	Temperatura	27,20 ab	27,16 a	27,54 bc	27,98 d	28,32 d	4,63	17856	4059	3695	364	361	81,48	18,52
	OD %	95,46 d	96,58 e	92,48 c	84,58 b	78,56 a								
	pH	7,40 c	7,38 c	7,31 bc	7,15 ab	7,04 a								
	Conductividad	59,70 a	59,84 ab	75,66 c	92,30 d	102,60 e								
	Turbidez	4,14 a	5,06 b	23,50 c	37,68 c	43,26 d								

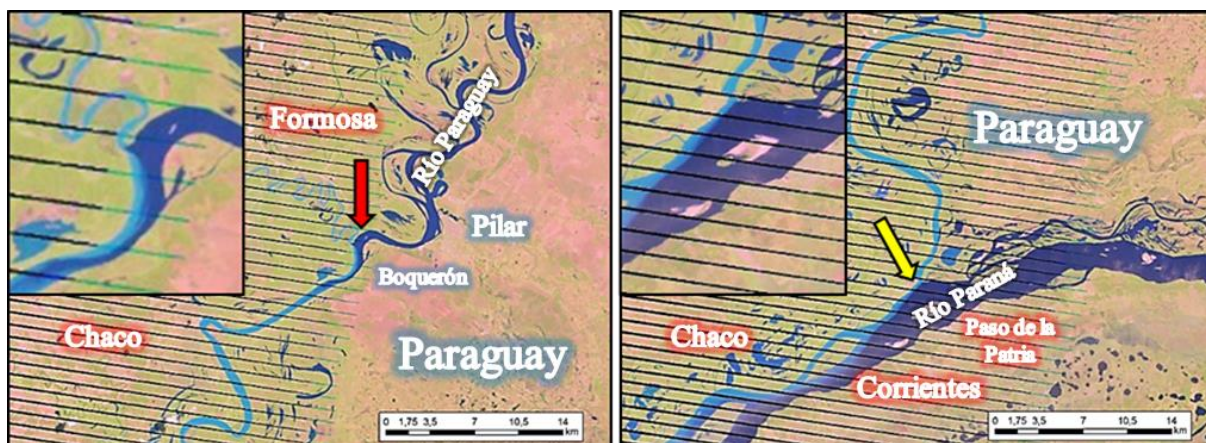


Figura 31. Imágenes del satélite Landsat 7. Imágenes panorámicas y en detalle de la desembocadura del río Bermejo en el río Paraguay (izquierda, flecha roja) y de este último en el río Paraná (derecha, flecha amarilla). Las imágenes fueron tomadas el 02/03/2013, diez días previos a la transecta de marzo de 2013. El caudal del río Bermejo fue de $463 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, del río Paraguay $2303 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y del río Paraná $14134 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Figura 32. Imágenes del satélite Landsat 8. Imágenes panorámicas y en detalle de la desembocadura del río Bermejo en el río Paraguay (izquierda, flecha roja) y de este último en el río Paraná (derecha, flecha amarilla). Las imágenes fueron tomadas el 29/09/2014, tres días previos a la transecta de octubre de 2014. El caudal del río Bermejo fue de $51 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, del río Paraguay $4937 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y del río Paraná $15401 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

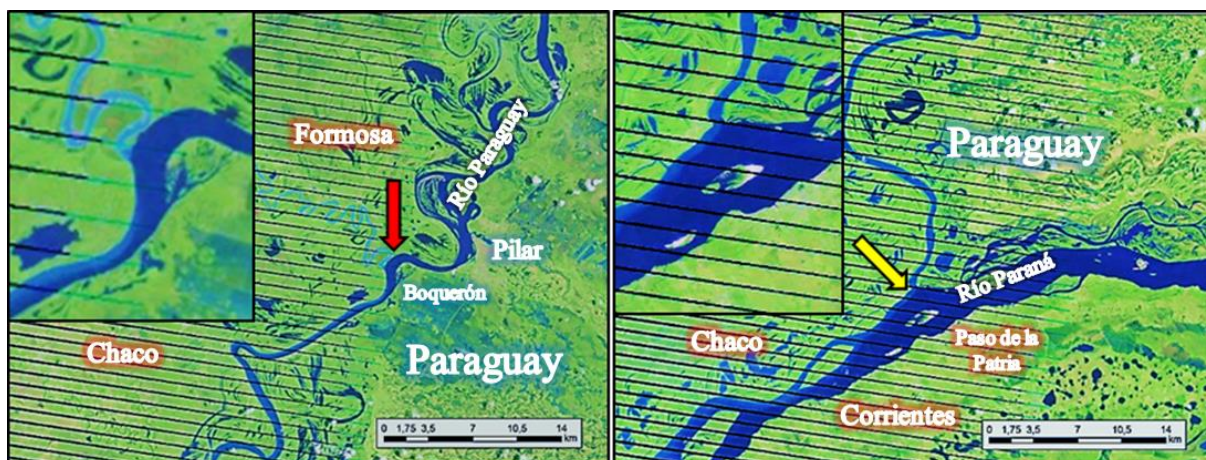


Figura 33. Imágenes del satélite Landsat 7. Imágenes panorámicas y en detalle de la desembocadura del río Bermejo en el río Paraguay (izquierda, flecha roja) y de este último en el río Paraná (derecha, flecha amarilla). Las imágenes fueron tomadas el 03/01/2015, dos días previos a la transecta de enero de 2015. El caudal del río Bermejo fue de $346 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, del río Paraguay $4107 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y del río Paraná $15331 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

A continuación, se presentan los caudales de los ríos Bermejo, Paraguay y Paraná, con datos correspondientes a un mes previo y un mes posterior a cada fecha de las transectas realizadas (Figura 34). Durante la realización de la primera transecta el 12 de marzo de 2013, el caudal en el río Bermejo en El Colorado (Formosa) fue de $400 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, mientras que una semana atrás había alcanzado un pico de $787 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ y alrededor de 12 días posteriores a dicha fecha, alcanzo otro pico de $700 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. El caudal del Río Paraguay en Puerto Pilcomayo en la fecha antes mencionado fue de $1675 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ sin grandes cambios en los valores un mes atrás y un incremento paulatino en el siguiente mes. En el río Paraná, los datos de Puerto Itatí indicaron que un mes anterior a la transecta, el caudal fue de alrededor de $11000 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, seguido de una creciente importante hasta llegar a superar los $17000 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ($16965 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ en la fecha de realización de la transecta), y de un descenso hasta alcanzar un valor de $13756 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ 30 días después. El caudal del río Bermejo en la fecha correspondiente a la segunda transecta (2 de octubre de 2014) fue $50 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, valor en el que se mantuvo casi sin modificaciones durante el mes anterior y posterior. En el mes previo a la fecha de la transecta, el río Paraguay estaba crecido con un caudal por encima de los $5700 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, valor a partir del cual fue decreciendo hasta $4303 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ 30 días después. Al momento de la transecta, la tendencia era estable alrededor de los $5000 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Dos semanas antes de la fecha de la transecta, el río Paraná comenzó a crecer hasta alcanzar un caudal próximo a los $18000 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ en el día de la transecta. Luego continuó creciendo hasta superar un pico de $22000 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ cuatro días después, para luego descender a $14000 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ 30 días posteriores al pico máximo. Un mes antes de la tercera transecta llevada a cabo el 5 de enero de 2015, el caudal del río Bermejo era de $64 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, registrándose una creciente moderada unos 15 días previos al muestreo, momento en que alcanzó los $364 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Posteriormente el Bermejo continuó creciendo hasta alcanzar los $914 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ en febrero de 2015. En fechas cercanas a esta transecta, el caudal del río

Paraguay se encontraba en descenso, tendencia que continuó luego de esta transecta. En el río Paraná, se observaron fluctuaciones de crecientes y bajantes antes y después de la fecha de la tercera transecta, aunque cabe mencionar que el día en que se tomaron las muestras se registraba un pico cercano a los $18000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Figura 34).

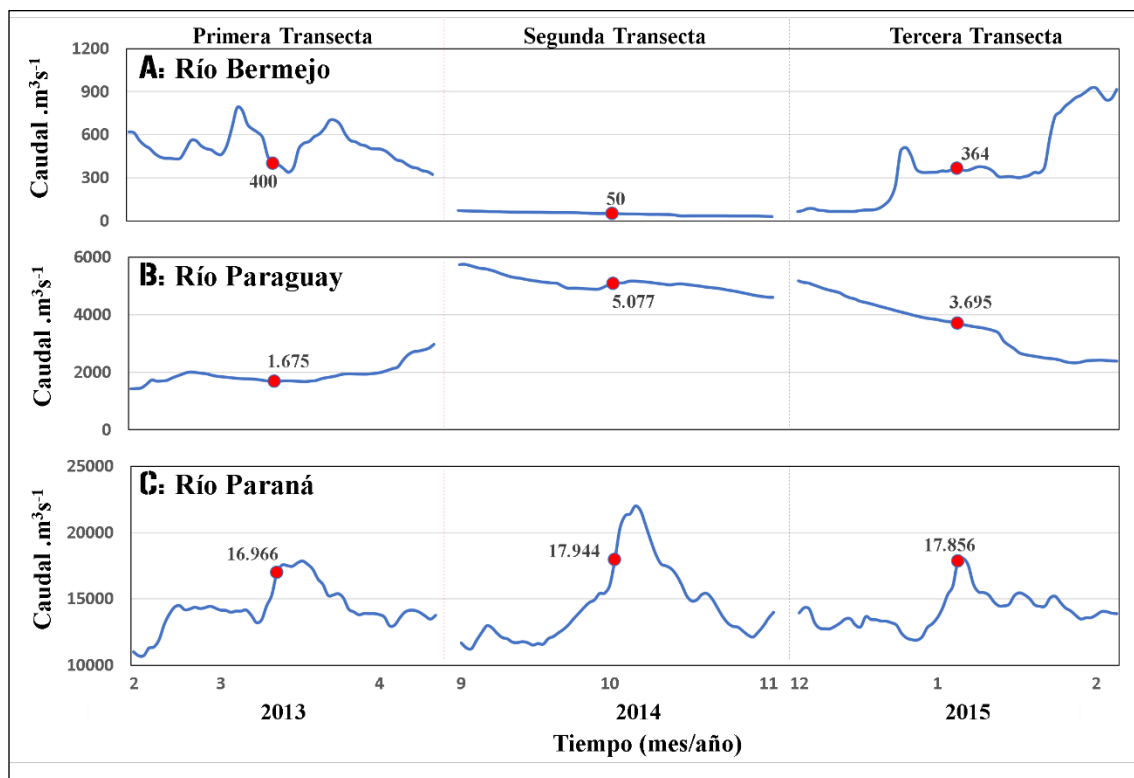


Figura 34. Valores de caudales diarios (líneas azules) 30 días anterior y posterior correspondientes a las fechas de cada transecta (círculos rojos) realizadas el 12 de marzo de 2013, 2 de octubre de 2014 y 5 de enero de 2015 correspondientes a los ríos: A) Bermejo; B) Paraguay y C) Paraná.

3.5. VARIACIÓN TEMPORAL DEL ICTIOPLANCTON

En las Figuras 35 a 38 se presentan las densidades promedio mensuales de huevos y larvas de peces en general, durante todo el periodo de estudio 2012–2015. Se puede observar que la abundancia del ictioplancton fue mayor cuando la temperatura del agua se incrementó, durante las estaciones de primavera–verano (con valores mensuales promedio de alrededor de 23,4 a 30,5 °C) y fue casi nula en otoño–invierno cuando la temperatura disminuyó (con valores mensuales promedio entre 16,7 y 25 °C). En todos los sitios de muestreo hubo mayor porcentaje de larvas tipo No Siluriformes, en cada ciclo, excepto en marzo de 2013 en Las Palmas.

En el sitio de muestreo Corrientes las capturas del ictioplancton ocurrieron mayoritariamente durante las estaciones primavera–verano, mientras que durante otoño–invierno prácticamente no se registraron huevos y larvas de peces. En la mayoría de los meses, la densidad de larvas capturadas fue mayor que la densidad de huevos, excepto en los meses de noviembre de 2012 y septiembre de 2014. La mayor densidad promedio de larvas se registró en enero de 2015, superando las 64 larvas.m⁻³ (Figura 35).

En Puerto Antequera se registraron densidades importantes de ictioplancton durante primavera–verano, aunque también se capturaron larvas de peces con temperaturas del agua en descenso (con valores mensuales promedio entre 18 y 25,4 °C), desde abril a agosto de 2013 y desde abril a mayo de 2014. La mayor densidad promedio de larvas capturadas se registró en diciembre de 2013, superando las 74 larvas.m⁻³ (Figura 36).

Tanto en Paso de la Patria como en Las Palmas, sólo se realizaron muestreos durante los meses correspondientes a las estaciones de primavera-verano de los periodos 2013-2014 y 2014-2015, con importantes densidades de ictioplancton en dichos meses. La mayor densidad de larvas de peces capturados en Paso de la Patria ocurrió en enero de 2015, valor que alcanzó las 120 larvas.m⁻³ (Figura 37).

En Las Palmas la mayor densidad promedio mensual de larvas se registró en diciembre de 2013, superando las 43 larvas.m⁻³ (Figura 38).

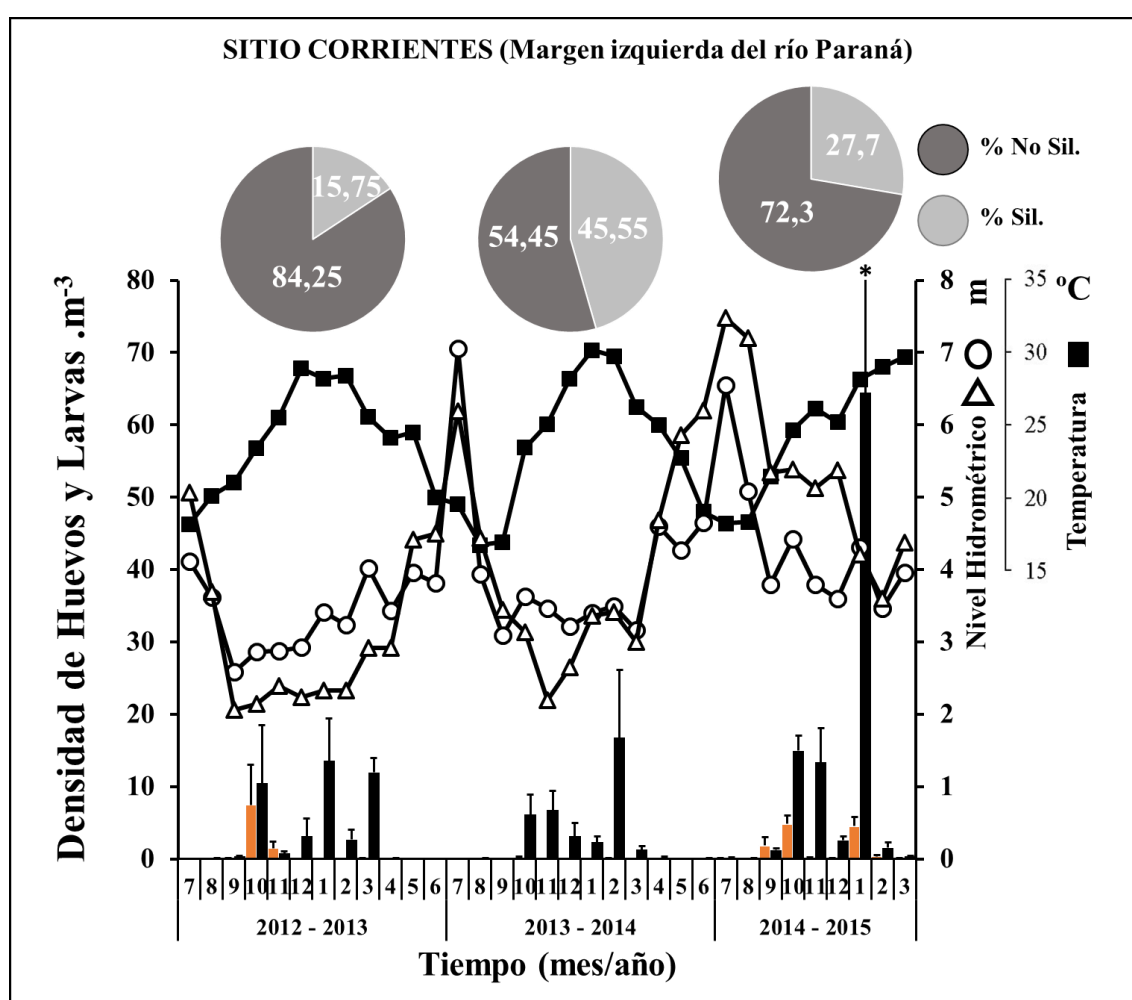


Figura 35. Densidad promedio mensual de huevos (barras naranjas) y larvas (barras negras) en el sitio de muestreo Corrientes. Nivel hidrométrico promedio del río Paraná en Puerto Corrientes (círculos) y nivel hidrométrico promedio del río Paraguay en Puerto Bermejo (triángulos). Temperatura del agua en el sitio Corrientes (cuadrados). Error estándar = 39,4 (asterisco). Las tortas representan los porcentajes de larvas del tipo No Siluriformes (gris oscuro) y Siluriformes (gris claro) divididas en tres ciclos.

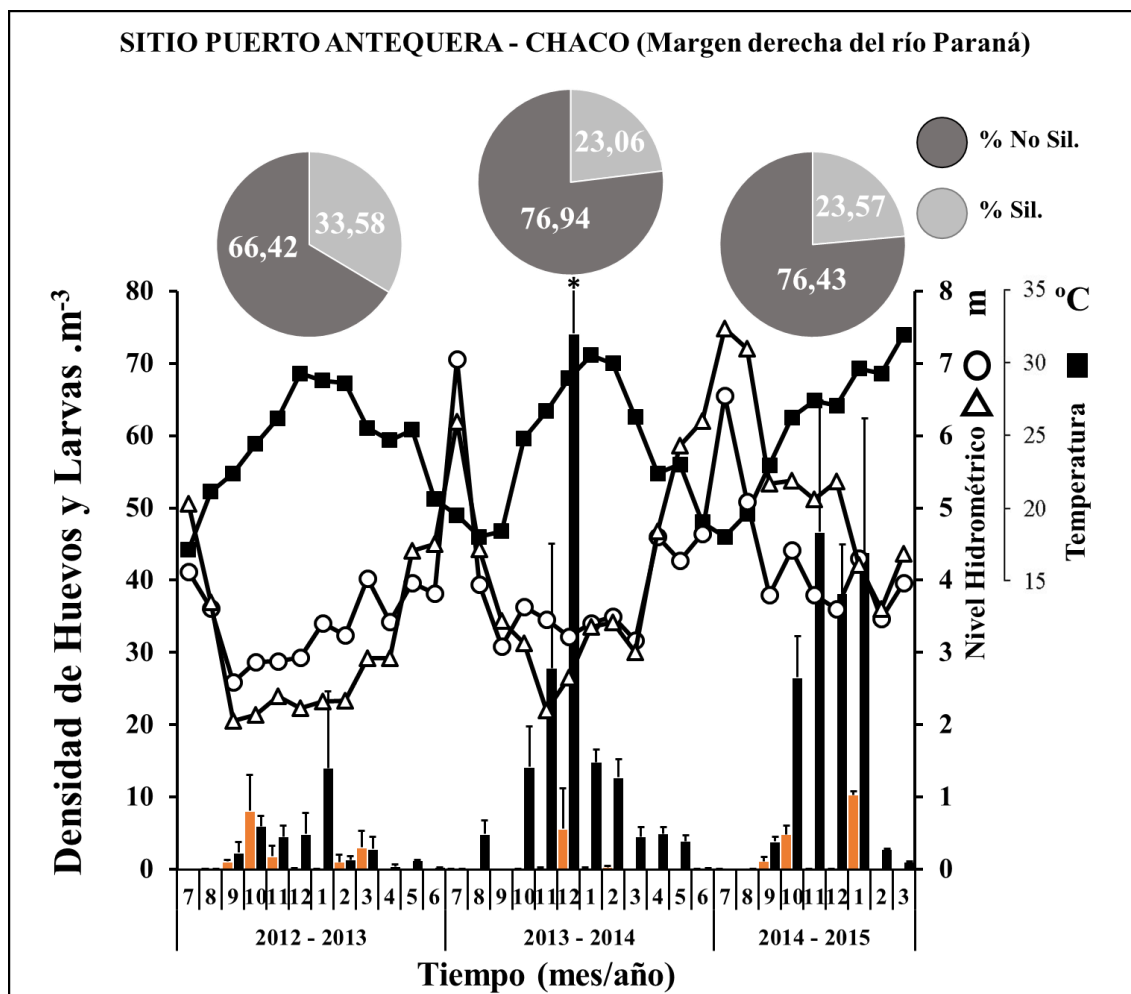


Figura 36. Densidad promedio mensual de huevos (barras naranjas) y larvas (barras negras) en el sitio de muestreo Puerto Antequera. Nivel hidrométrico promedio del río Paraná en Puerto Corrientes (círculos) y nivel hidrométrico promedio del río Paraguay en Puerto Bermejo (triángulos). Temperatura del agua en el sitio Puerto Antequera (cuadrados). Error estándar = 71,9 (asterisco). Las tortas representan los porcentajes de larvas del tipo No Siluriformes (gris oscuro) y Siluriformes (gris claro) divididas en tres ciclos.

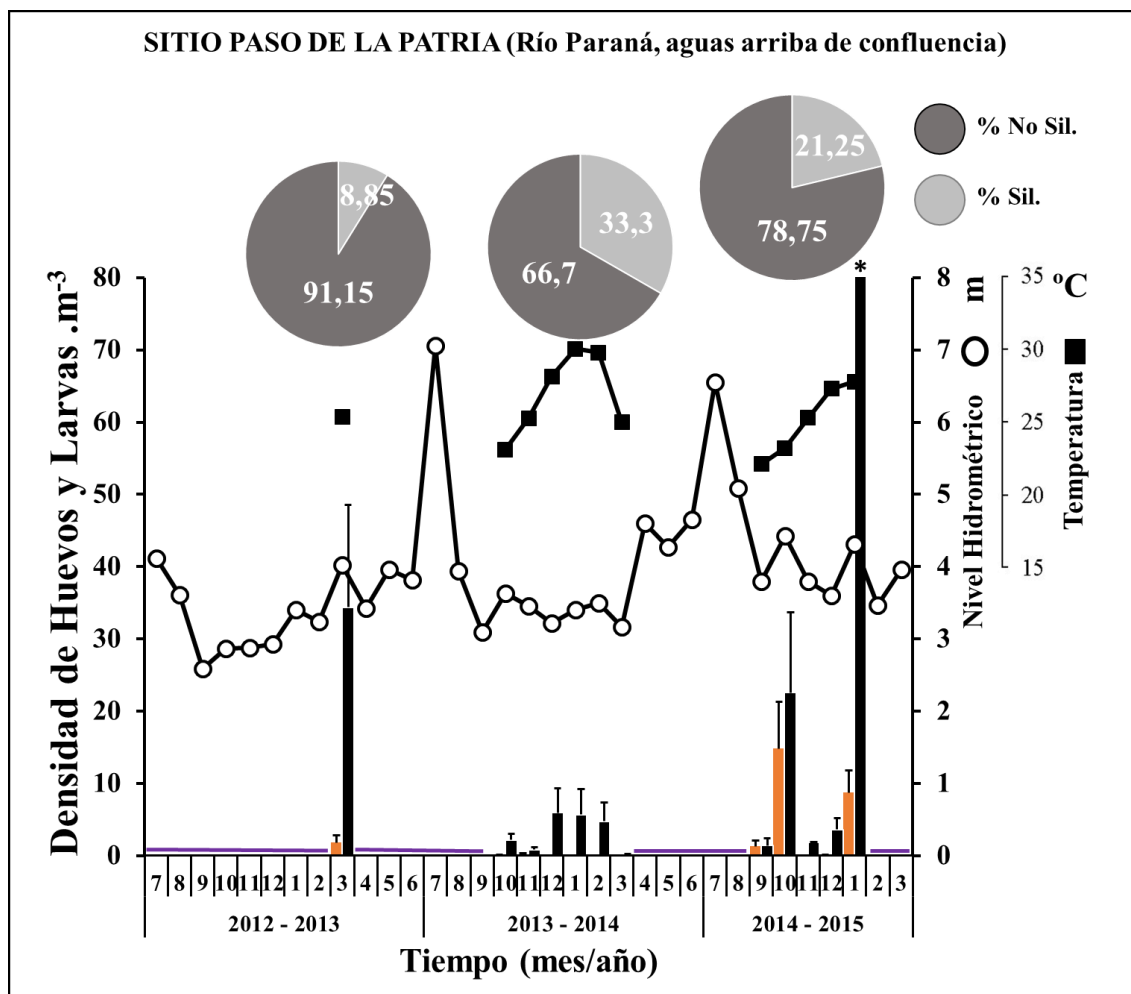


Figura 37. Densidad promedio mensual de huevos (barras naranjas) y larvas (barras negras) en Paso de la Patria (río Paraná, aguas arriba de la confluencia con el río Paraguay). Nivel hidrométrico promedio del río Paraná en Puerto Corrientes (círculos). Temperatura del agua en Paso de la Patria (cuadrados). Densidad promedio de larvas en enero de 2015 = $120,3 \text{ larvas.m}^{-3}$ (asterisco). Meses en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las tortas representan los porcentajes de larvas del tipo No Siluriformes (gris oscuro) y Siluriformes (gris claro) divididas en tres ciclos.

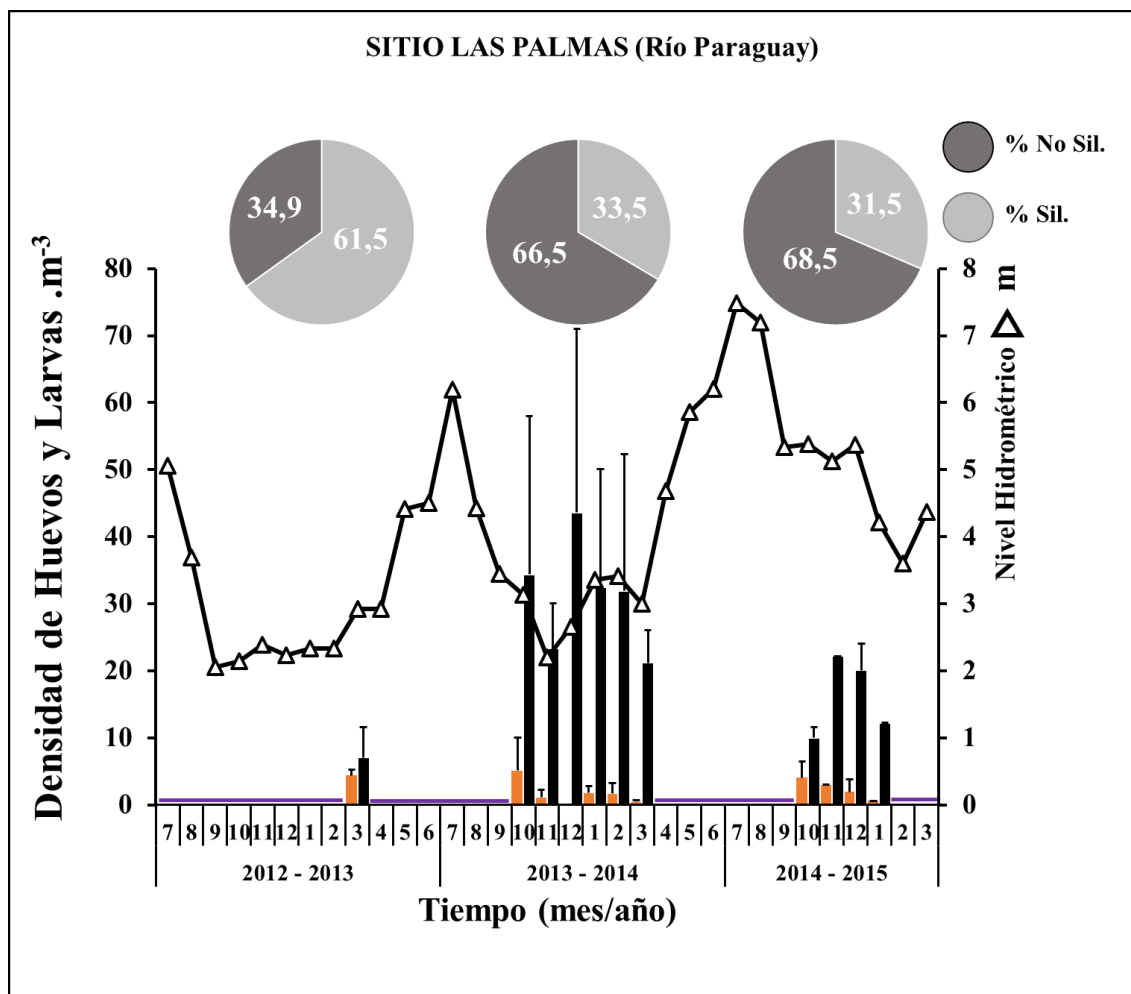


Figura 38. Densidad promedio mensual de huevos (barras naranjas) y larvas (barras negras) en Las Palmas–Chaco (río Paraguay). Nivel hidrométrico promedio del río Paraguay en Puerto Bermejo (triángulos). Meses en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las tortas representan los porcentajes de larvas del tipo No Siluriformes (gris oscuro) y Siluriformes (gris claro) divididas en tres ciclos.

3.6. PRECIPITACIONES Y CAUDAL DE LOS RÍOS PARANÁ, PARAGUAY Y BERMEJO

En los gráficos de la variación temporal del ictioplancton se mostraron los niveles hidrológicos del río Paraná y Paraguay, y en los gráficos a continuación se presentan los caudales promedio semanales de los ríos Paraná (en Puerto Corrientes y datos de la Represa Hidroeléctrica Yacyretá en Ituzaingó), Paraguay y Bermejo con sus respectivas precipitaciones durante las estaciones primavera-verano correspondiente a todo el periodo de estudio 2012–2015 (Figuras 39 y 40).

El caudal promedio semanal del río Paraná registrado en Ituzaingó (sitio donde se ubica la Represa Hidroeléctrica Yacyretá) tuvo un comportamiento similar al caudal de Puerto Corrientes, donde los picos de creciente se registraron con una semana de anticipación (Figura 39). El promedio del caudal del río Paraná en Puerto Corrientes se mantuvo por encima de los $13500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ durante todo el periodo de estudio, con tres picos de crecientes que superaron los $20000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, uno en marzo de 2013, otro en enero de 2015 y el mayor valor registrado en octubre de 2014, alcanzando un promedio semanal mayor a los $24500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. El caudal estimado que pasó por el vertedero Añá Cuá varió entre 1000 y $7500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, mientras que por el vertedero principal discurrió alrededor de $2800 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ durante la primera semana de octubre de 2014, momento en que se registró el mayor caudal en Yacyretá con un valor aproximado de $22800 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Algunas precipitaciones acumuladas intensas en Corrientes coinciden con algunos picos de incrementos del caudal del río Paraná, tales como los registrados en noviembre de 2012, enero, marzo y octubre de 2013, marzo y diciembre de 2014.

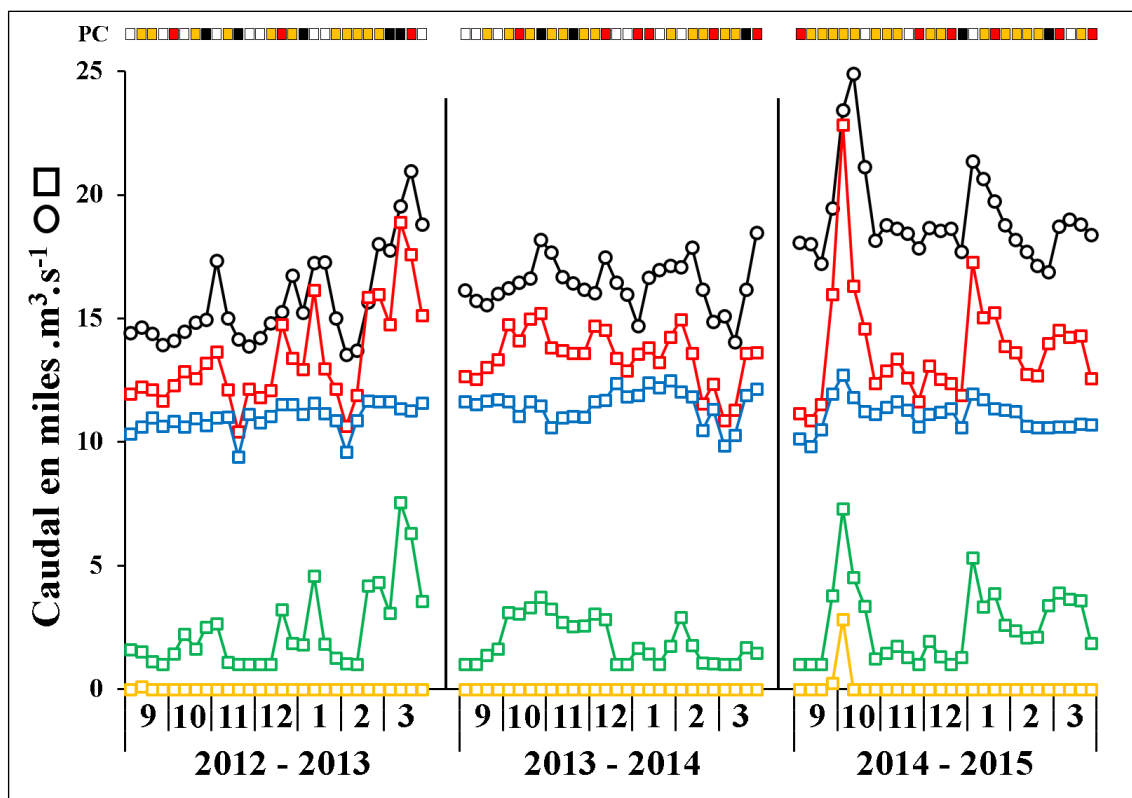


Figura 39. Caudal promedio semanal del río Paraná en Puerto Corrientes (círculos y líneas negras). Caudal promedio semanal total registrado en la sección de la zona de la Represa Hidroeléctrica Yacyretá en Ituzaingó (cuadrados y líneas rojas). Caudal promedio semanal turbinado (cuadrados y líneas azules). Caudal promedio semanal erogado por el vertedero Añá Cuá (cuadrados y líneas verdes). Caudal promedio semanal erogado por el vertedero principal (cuadrados y líneas amarillas). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Corrientes (PC) se representan en la parte superior del gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1–50 mm (barras naranjas), de 51–100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras) durante los tres ciclos primavera-verano 2012–2015.

El caudal promedio semanal mínimo del río Paraguay en Puerto Pilcomayo fue de $1425 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ en febrero de 2013, mientras que el mayor valor fue $5693 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ registrado en septiembre de 2014. Las precipitaciones más intensas se observaron durante noviembre de 2012, febrero y noviembre de 2013, marzo y noviembre de 2014. Los valores del caudal promedio semanal del río Bermejo oscilaron entre los 34 y $692 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, con intensas precipitaciones en marzo y noviembre de 2013, y marzo de 2014 (Figura 40).

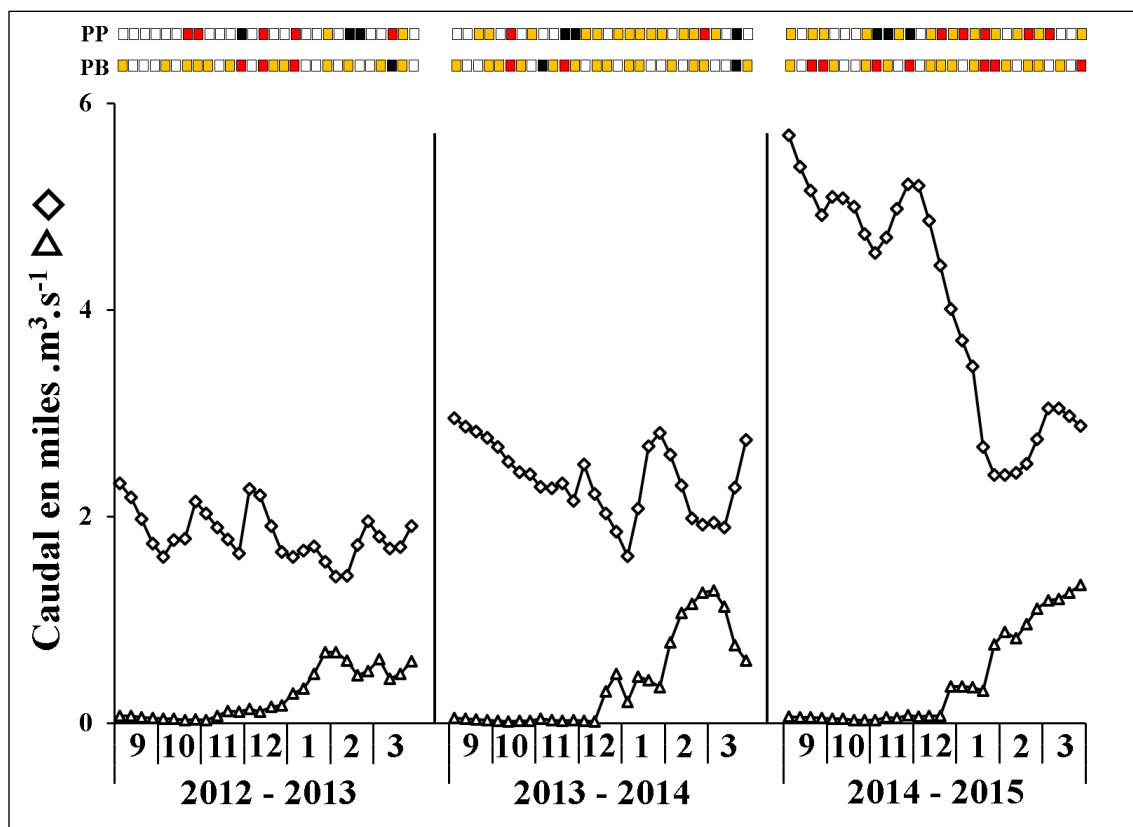


Figura 40. Caudal promedio semanal del río Paraguay en Puerto Pilcomayo (rombos y líneas negras) y del río Bermejo en el Colorado (triángulos y líneas negras). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Puerto Pilcomayo (PP) y Bermejo (PB) se representan en la parte superior de cada gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1–50 mm (barras naranjas), de 51–100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras).

3.7. VARIACIÓN TEMPORAL DE LARVAS DE PECES DE INTERÉS COMERCIAL Y/O DEPORTIVO Y PRECIPITACIONES

La variación temporal de la deriva de larvas de peces de los cuatro grupos de interés comercial y/o deportivo, para los cuatro sitios de muestreo y precipitaciones acumuladas semanalmente, se presenta en las Figuras 41 a 48. La densidad promedio estimada para el conjunto de las especies de interés analizadas, considerando los cuatro sitios de muestreo durante primavera–verano comprendido entre 2012 y 2015, fue 0,524 larvas.m⁻³ ($\pm 2,636$).

Las larvas de bogas se capturaron en los 4 sitios de muestreo con un promedio de 0,692 larvas.m⁻³ ($\pm$ 1,100), todas en estadio de pre-flexión. En Corrientes la media fue de 0,171 larvas.m⁻³ ($\pm$ 0,527), con máximo de 11,828 larvas.m⁻³ estimado el 2 de enero de 2015. En dicho sitio se observaron dos picos de abundancia, uno en febrero de 2014 coincidente con incrementos de caudal del río Paraná y con precipitaciones de 1 a 50 mm, y otro pico de mayor magnitud en enero de 2015 relacionado con el aumento del caudal del río Paraná y con precipitaciones mayores a 100 mm en la semana anterior. Algunas de las capturas menores a una larva.m⁻³ coincidieron con incrementos de caudal e intensas precipitaciones en la misma semana o anterior a éstas, como por ejemplo las registradas en enero, marzo y octubre de 2013 y enero de 2014; mientras que otras no se vincularon con los incrementos del caudal, pero sí se relacionaron con precipitaciones moderadas a intensas tales como las de noviembre de 2013 y 2014, y segunda y tercera semana de enero de 2015. En Puerto Antequera, el promedio fue 0,413 larvas.m⁻³ ($\pm$ 0,773), con máximo de 4,837 larvas.m⁻³ el 3 de noviembre de 2014. En este sitio hubo mayores capturas que en Corrientes y se registraron 6 picos de densidad de larvas de bogas. En las semanas correspondientes a los picos de larvas capturadas en enero y la primera semana de noviembre de 2013 no hubo un incremento en el caudal del río Paraguay, mientras que sí hubo un aumento leve en el caudal del río Bermejo y precipitaciones entre 51 a 100 mm, en la zona de ambos ríos para enero y valores mayores a 100 mm, en la zona del Bermejo para noviembre del mismo año. La mayor densidad de larvas de bogas ocurrió en la primera semana de diciembre de 2013, con incremento del caudal del río Paraguay y precipitaciones moderadas a intensas en semanas anteriores en zonas de los ríos Paraguay y Bermejo. Durante la semana del pico de abundancia de larvas de bogas correspondiente a noviembre de 2014, prácticamente no hubo variación en el caudal del río Bermejo, y se registró una disminución del caudal del río Paraguay, con

precipitaciones moderadas a intensas en la región de ambos ríos. En la primera semana de diciembre de 2014, se observó aumento en el caudal del río Paraguay semanas anteriores, con precipitaciones importantes en cercanías al río Bermejo y río Paraguay, durante la semana anterior al pico de capturas. La segunda semana de enero de 2015, coincide con un leve incremento del caudal del río Bermejo que ocurrió dos semanas antes del pico de abundancia de larvas de bogas, y una disminución del caudal del río Paraguay, momento en que hubo precipitaciones leves y moderadas en la zona de ambos ríos (Figura 41).

En Paso de la Patria, el promedio fue $0,099 \text{ larvas.m}^{-3} (\pm 0,367)$. En este sitio se registraron 4 picos de abundancia de larvas de bogas, con menores densidades respecto a los otros tres sitios de muestreo. Todos estos picos coincidieron con incrementos del caudal del río Paraná y precipitaciones moderadas a intensas en la región de Corrientes. La mayor captura de larvas de bogas ocurrió en enero de 2015, cuando en una muestra se registró una densidad máxima de $1,97 \text{ larvas.m}^{-3}$ (5 de enero de 2015). En Las Palmas el promedio estimado fue de $2,084 \text{ larvas.m}^{-3} (\pm 1,875)$, con máximo de $7,02 \text{ larvas.m}^{-3}$ el 30 de noviembre de 2013. En este sitio se capturaron las mayores densidades de larvas de bogas, comparado a los otros tres sitios de muestreo. Se observaron varios picos semanales de dichas larvas entre octubre de 2013 y marzo de 2014. La mayor abundancia se obtuvo en la última semana de noviembre de 2013, momento en que no se registraron incrementos en el caudal de los ríos Paraguay y Bermejo, pero sí hubo precipitaciones intensas en las zonas de ambos ríos, similar a lo ocurrido con las capturas durante el mes de octubre, segunda y tercera semana de noviembre de 2013, octubre y segunda semana de diciembre de 2014, pero con bajas precipitaciones. Las capturas de la cuarta semana de diciembre de 2013 y 2014 y enero de 2015, coinciden con incrementos del caudal del

río Bermejo y precipitaciones moderadas. Las densidades de larvas de bogas registradas durante el mes de enero de 2014, se asocian al aumento del caudal de los ríos Paraguay y Bermejo, relacionadas con las escasas precipitaciones (Figura 42).

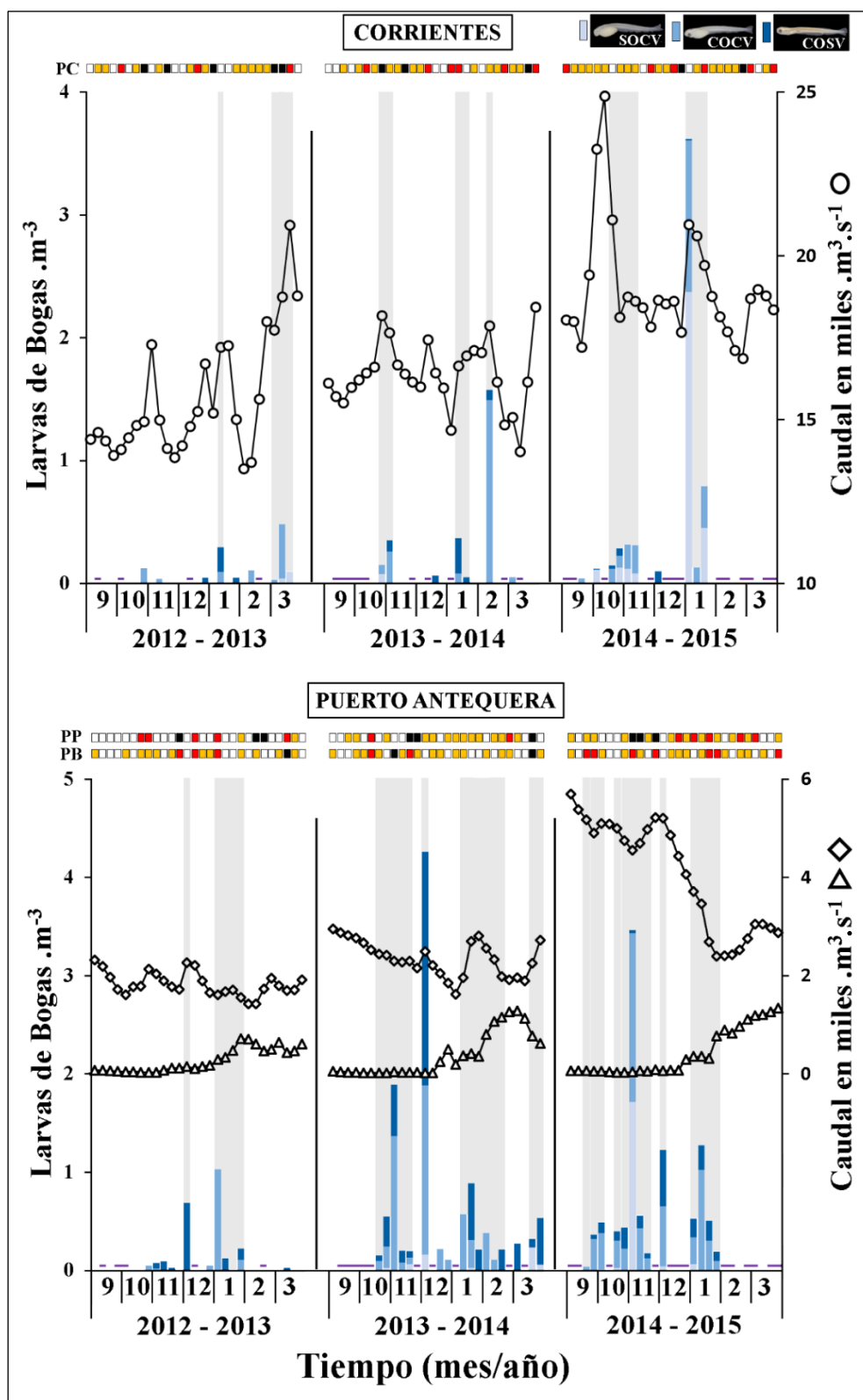


Figura 41. Densidad semanal promedio de larvas de bogas en los sitios Corrientes y Puerto Antequera durante los tres ciclos primavera-verano 2012–2015. Caudal promedio semanal del río Paraná (círculos), del río Paraguay (rombos) y del río Bermejo (triángulos). Las tonalidades de las barras de celeste claro a azul oscuro representan los porcentajes de larvas en estadio de pre-flexión subdivididas en **SOCV** (barras de color más claro), **COCV** (barras de color intermedio) y **COSV** (barras de color más intenso). Semanas en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Corrientes (PC), Puerto Pilcomayo (PP) y Bermejo (PB) se representan en la parte superior de cada gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1–50 mm (barras naranjas), de 51–100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras). Guías de visualización entre los picos de larvas, caudales y precipitaciones (barras grises).

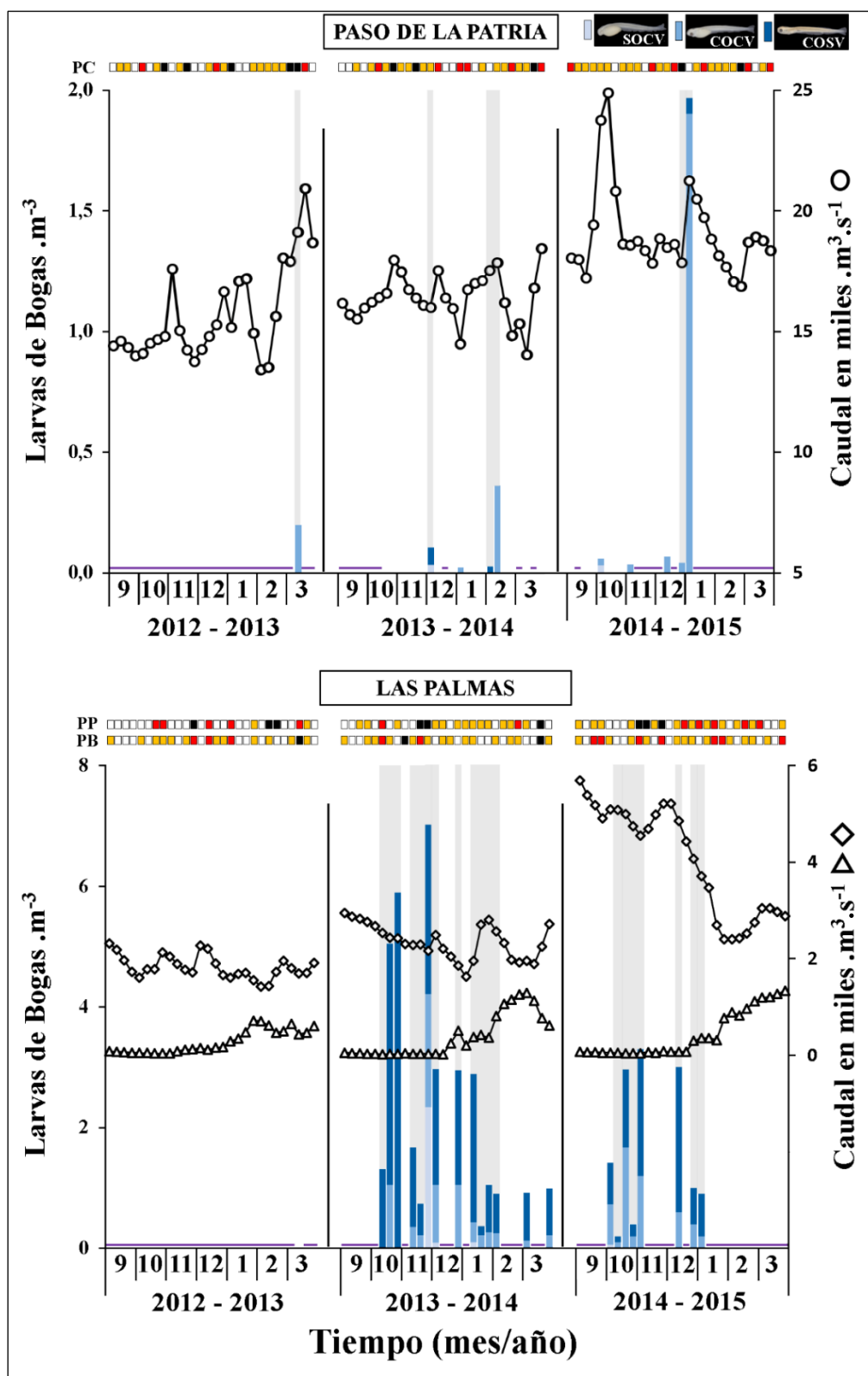


Figura 42. Densidad semanal promedio de larvas de bogas en los sitios Paso de la Patria y Las Palmas durante los tres ciclos primavera-verano 2012–2015. Caudal promedio semanal del río Paraná (círculos), del río Paraguay (rombos) y del río Bermejo (triángulos). Las tonalidades de las barras de celeste claro a azul oscuro representan los porcentajes de larvas en estadio de pre-flexión subdivididas en **SOCV** (barras de color más claro), **COCV** (barras de color intermedio) y **COSV** (barras de color más intenso). Semanas en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Corrientes (PC), Puerto Pilcomayo (PP) y Bermejo (PB) se representan en la parte superior de cada gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1–50 mm (barras naranjas), de 51–100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras). Guías de visualización entre los picos de larvas, caudales y precipitaciones (barras grises).

Las larvas de sábalo también se capturaron en los 4 sitios de muestreo, todas con desarrollo correspondiente al estadio de pre-flexión y con una media de 1,218 larvas.m⁻³ ($\pm 0,533$). En Corrientes, el promedio estimado fue de 0,278 larvas.m⁻³ ($\pm 1,458$), con máximo de 22,210 larvas.m⁻³ para el 5 de enero de 2015. Se registraron tres picos de densidad de larvas de sábalo en coincidencia con el incremento del caudal del río Paraná, correspondientes a la segunda semana de marzo de 2013, la primera de octubre de 2014 y la de mayor densidad en enero de 2015, periodos relacionados a importantes precipitaciones en la zona de Corrientes. En Puerto Antequera el promedio registrado fue de 0,418 larvas.m⁻³ ($\pm 1,441$), con máximo de 31,723 larvas.m⁻³, estimado el 2 de enero de 2015. En este sitio, la densidad y distribución de larvas de sábalo fue similar a lo registrado en Corrientes, aunque en algunas semanas, solo hubo presencia de dichas larvas en Puerto Antequera. Durante el periodo de máxima abundancia, registrado en octubre de 2014, no hubo incremento del caudal de los ríos Paraguay y Bermejo, tampoco precipitaciones. La mayor densidad de larvas de sábalo capturados ocurrió en enero de 2015, momento en que hubo una bajante del río Paraguay y un leve incremento en el caudal del río Bermejo y precipitaciones leves a moderados en las zonas de ambos ríos. Sólo el pico de febrero de 2015 coincidió con incrementos del caudal de los ríos Paraguay y Bermejo y con precipitaciones moderadas en la región de dichos ríos (Figura 43).

En Paso de la Patria el promedio calculado fue 3,625 larvas.m⁻³ ($\pm 11,550$), con máximo de 53,720 larvas.m⁻³ estimado el 5 de enero de 2015. Las larvas de sábalo fueron muy abundantes en coincidencia con los picos de creciente del río Paraná, al tiempo que estuvieron ausentes en casi todos los muestreos, relacionados con la bajante de dicho río. Durante la semana correspondiente a las capturas de larvas de sábalo en marzo de 2013, hubo precipitaciones muy intensas, superando los 100 mm la misma semana y en la

anterior. En la primera semana de octubre de 2014, el pico de larvas se asoció a precipitaciones leves de 1 a 50 mm. La mayor abundancia de larvas de sábalo se capturó en enero de 2015, con precipitaciones superiores a 100 mm en la semana anterior. En Las Palmas el promedio fue de $0,552 \text{ larvas.m}^{-3}$ ($\pm 0,821$), con máximo de $2,533 \text{ larvas.m}^{-3}$, estimado el 3 de febrero de 2014. La ocurrencia de larvas de sábalo en las capturas fue más homogénea, aunque las densidades de estas fueron bajas y la mayoría más desarrolladas en comparación con los demás sitios de muestreo. Los picos de abundancia de larvas de sábalo correspondientes a los meses de marzo y noviembre de 2013, no se asociaron a los incrementos del caudal de los ríos Paraguay y Bermejo, pero correspondieron a períodos con precipitaciones intensas en zonas cercanas a ambos ríos. La mayor abundancia registrada en enero de 2014 ocurrió en el momento de incrementos del caudal de los dos ríos mencionados anteriormente y precipitaciones leves. Los picos de densidades obtenidos en febrero, la primera semana de marzo y diciembre de 2014 y enero de 2015 ocurrieron en momentos con descenso del río Paraguay e incrementos del caudal del río Bermejo, y con precipitaciones moderadas (Figura 44).

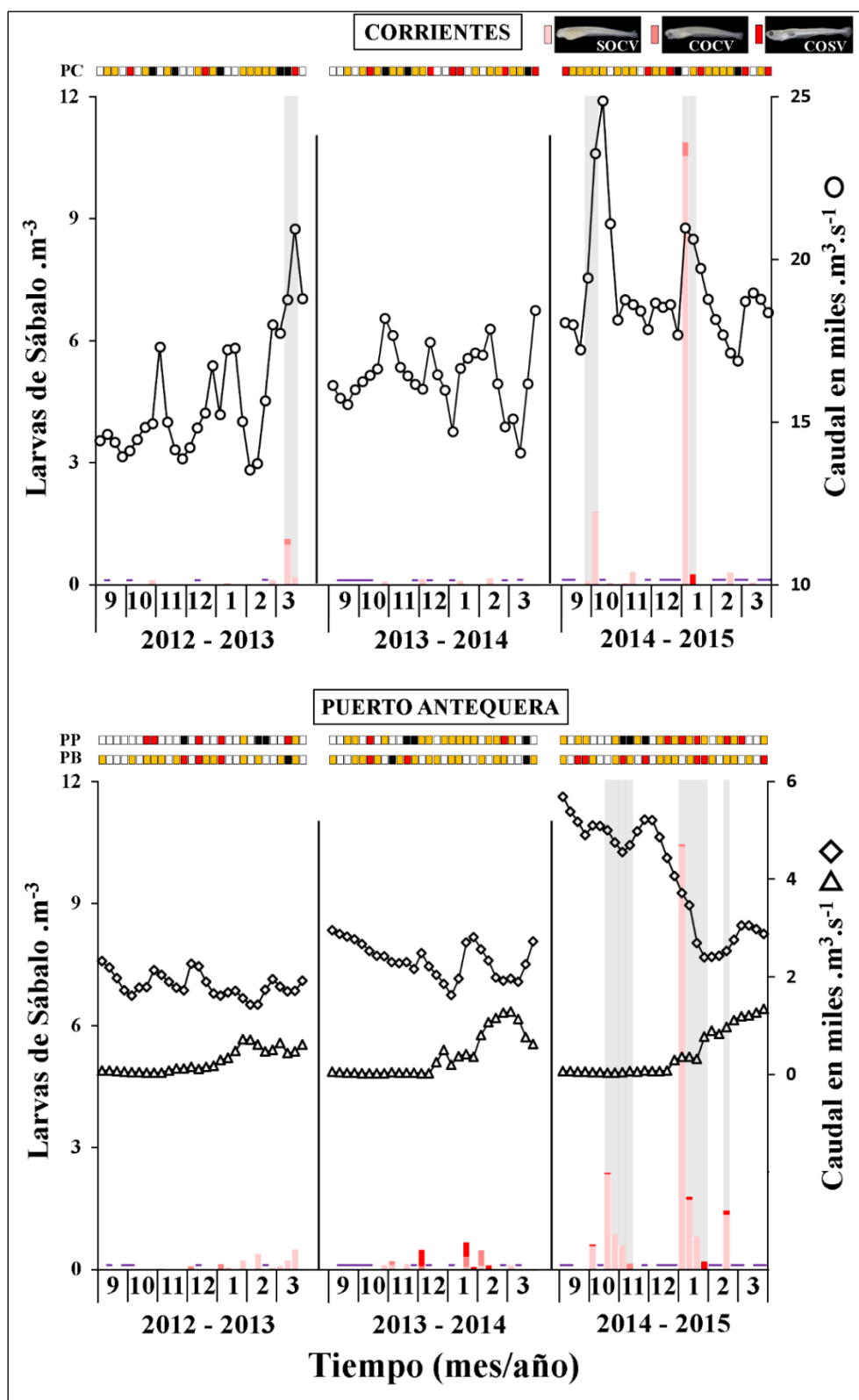


Figura 43. Densidad semanal promedio de larvas de sábalo en los sitios Corrientes y Puerto Antequera durante los tres ciclos primavera-verano 2012–2015. Caudal promedio semanal del río Paraná (círculos), del río Paraguay (rombos) y del río Bermejo (triángulos). Las tonalidades de las barras de rosado claro a rojo oscuro representan los porcentajes de larvas en estadio de pre-flexión subdivididas en **SOCV** (barras de color más claro), **COCV** (barras de color intermedio) y **COSV** (barras de color más intenso). Semanas en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Corrientes (PC), Puerto Pilcomayo (PP) y Bermejo (PB) se representan en la parte superior de cada gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1–50 mm (barras naranjas), de 51–100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras). Guías de visualización entre los picos de larvas, caudales y precipitaciones (barras grises).

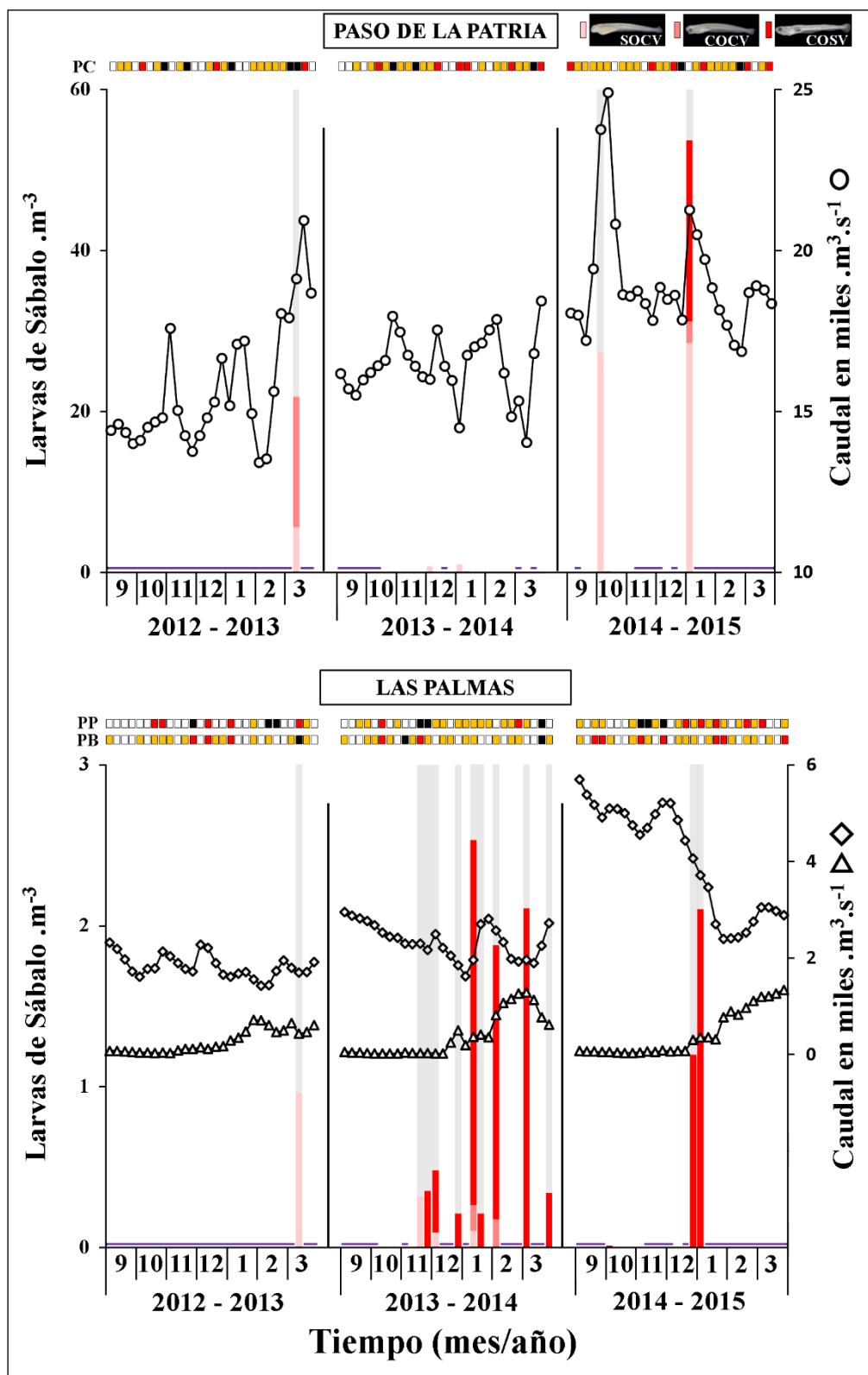


Figura 44. Densidad semanal promedio de larvas de sábalo en los sitios Paso de la Patria y Las Palmas durante los tres ciclos primavera-verano 2012–2015. Caudal promedio semanal del río Paraná (círculos), del río Paraguay (rombos) y del río Bermejo (triángulos). Las tonalidades de las barras de rosado claro a rojo oscuro representan los porcentajes de larvas en estadio de pre-flexión subdivididas en **SOCV** (barras de color más claro), **COCV** (barras de color intermedio) y **COSV** (barras de color más intenso). Semanas en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Corrientes (PC), Puerto Pilcomayo (PP) y Bermejo (PB) se representan en la parte superior de cada gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1–50 mm (barras naranjas), de 51–100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras). Guías de visualización entre los picos de larvas, caudales y precipitaciones (barras grises).

La totalidad de los ejemplares de larvas de dorado capturados correspondieron al estadio de pre-flexión, todas en la categoría sin ojo con vitelo, y se registraron en tres sitios de muestreo, Corrientes, Puerto Antequera y Paso de la Patria, con un promedio de 0,100 larvas.m⁻³ ($\pm$ 0,582).

En Corrientes el promedio fue 0,082 larvas.m⁻³ ($\pm$ 0,431), con máximo de 6,262 larvas.m⁻³ estimado el 2 de enero de 2015. Los 5 picos de abundancia de larvas de dorado capturadas en dicho sitio en los meses de octubre y diciembre de 2012, marzo de 2013, octubre de 2014 y el mayor pico de densidad en enero de 2015, se asociaron a los incrementos del caudal del río Paraná y a precipitaciones moderadas a intensas en la zona de dicho sitio de muestreo. En Puerto Antequera el promedio estimado fue 0,021 larvas.m⁻³ ($\pm$ 0,094), con máximo de 1,175 larvas.m⁻³ para el 5 de enero de 2015. Se capturaron larvas de dorado en octubre de 2012, octubre y noviembre de 2014 y enero de 2015, con densidades menores a las registradas en Corrientes. Sólo hubo leves incrementos del río Paraguay en octubre de 2012 y 2014, con precipitaciones moderadas en zonas de dicho río, mientras que el caudal del río Bermejo tuvo un leve aumento en enero de 2015 con precipitaciones de 1 a 100 mm en las regiones cercanas a los dos ríos mencionados anteriormente (Figura 45).

En Paso de la Patria el promedio calculado fue 0,295 larvas.m⁻³ ($\pm$ 1,103), con máximo de 5,755 larvas.m⁻³ para el 3 de noviembre de 2014. En este sitio se capturó la mayor densidad promedio de larvas de dorado, y se detectaron en los meses de marzo de 2013, octubre de 2014 y enero de 2015, momentos en que hubo incrementos en el caudal del río Paraná y precipitaciones moderadas a intensas en la zona de Corrientes. En las muestras de Las Palmas no se registraron larvas de dorado (Figura 46).

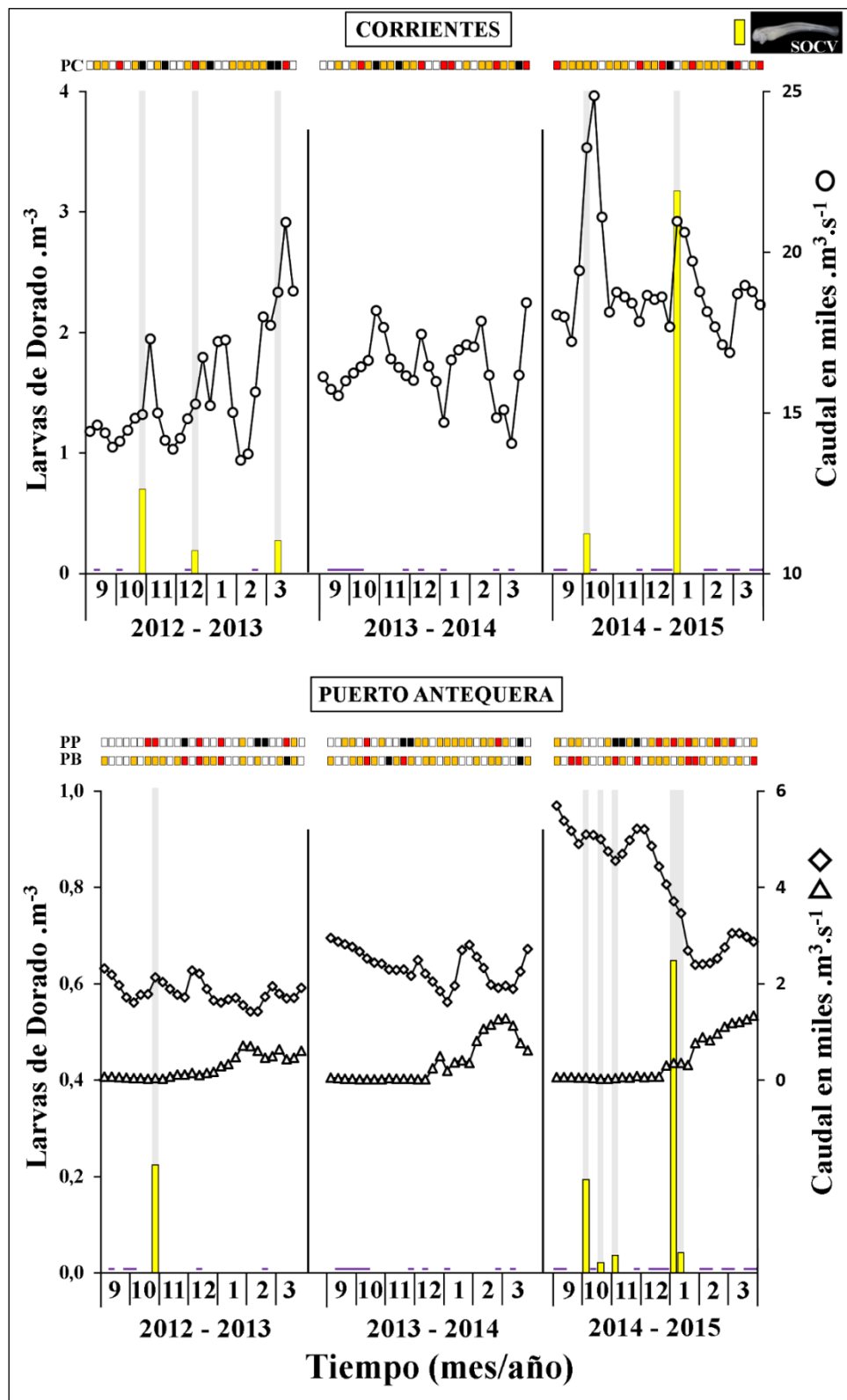


Figura 45. Densidad semanal promedio de larvas de dorado en los sitios Corrientes y Puerto Antequera durante los tres ciclos primavera-verano 2012–2015. Caudal promedio semanal del río Paraná (círculos), del río Paraguay (rombos) y del río Bermejo (triángulos). Las barras de color amarillo representan las densidades de larvas de dorado. Semanas en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Corrientes (PC), Puerto Pilcomayo (PP) y Bermejo (PB) se representan en la parte superior de cada gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1–50 mm (barras naranjas), de 51–100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras). Guías de visualización entre los picos de larvas, caudales y precipitaciones (barras grises).

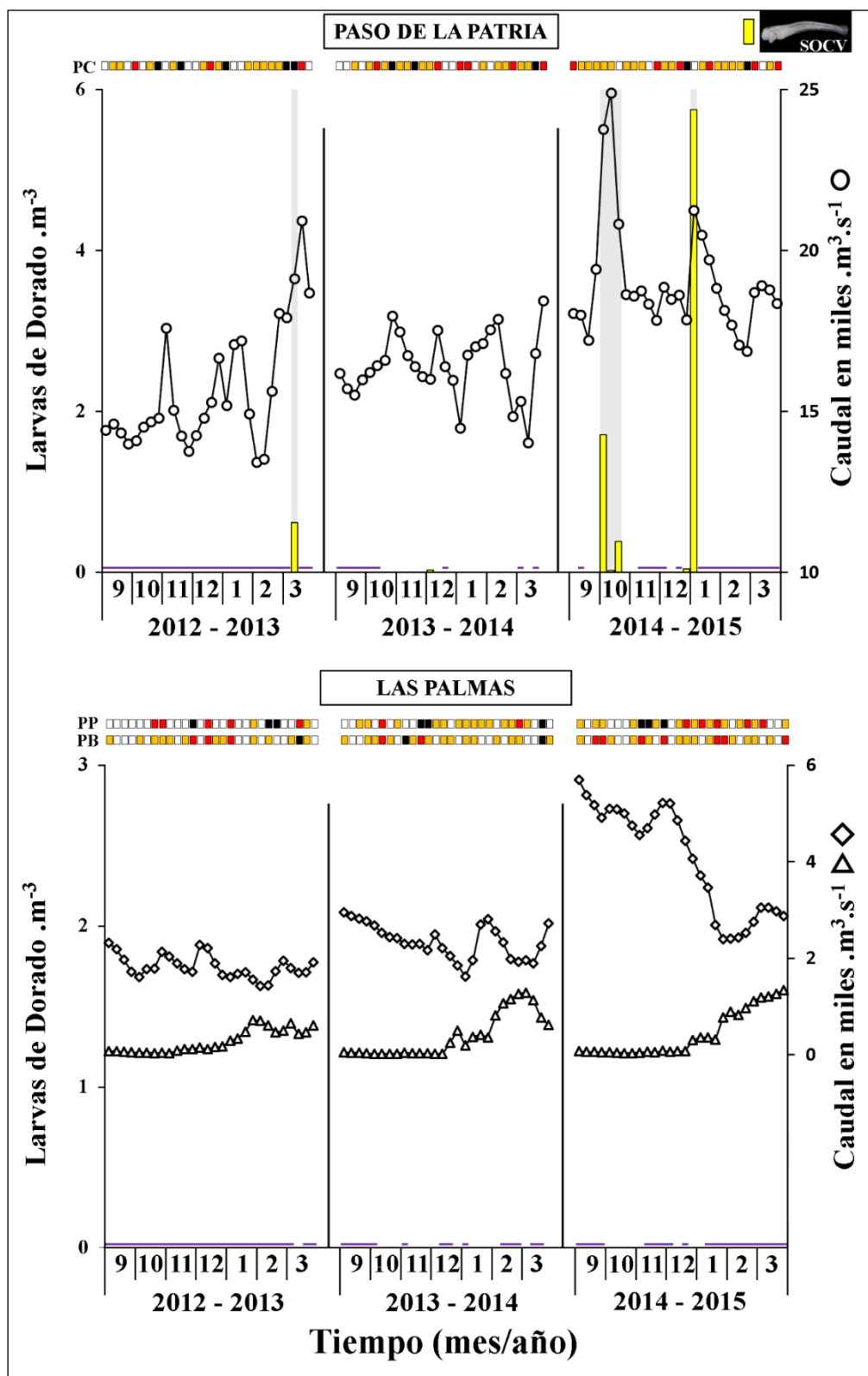


Figura 46. Densidad semanal promedio de larvas de dorado en los sitios Paso de la Patria y Las Palmas los tres ciclos primavera-verano 2012–2015. Caudal promedio semanal del río Paraná (círculos), del río Paraguay (rombos) y del río Bermejo (triángulos). Las barras de color amarillo representan las densidades de larvas de dorado. Semanas en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Corrientes (PC), Puerto Pilcomayo (PP) y Bermejo (PB) se representan en la parte superior de cada gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1–50 mm (barras naranjas), de 51–100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras). Guías de visualización entre los picos de larvas, caudales y precipitaciones (barras grises).

Las larvas de surubí capturadas, se clasificaron en dos estadios (pre-flexión y flexión) y se registraron en tres sitios de muestreo correspondiente a Corrientes, Puerto Antequera y Las Palmas, con un promedio de 0,089 larvas.m⁻³ ($\pm$ 0,238).

En Corrientes el promedio estimado fue de 0,004 larvas.m⁻³ ($\pm$ 0,020), con máximo de 0,373 larvas.m⁻³ para el 31 de octubre de 2014. Se capturaron bajas densidades de larvas de surubí, todas en estadio de pre-flexión, en octubre y noviembre de 2014, semanas en que el caudal del río Paraná descendió posteriormente a su máximo incremento registrado en la segunda semana de octubre de 2014, con precipitaciones semanales acumulados de 1 a 50 mm. En Puerto Antequera el promedio fue de 0,065 larvas.m⁻³ ($\pm$ 0,167), con máximo de 1,7 larvas.m⁻³ estimado el 21 de octubre de 2014. Se identificaron larvas de surubí en estadio de pre-flexión y la mayoría en estadio de flexión. Sólo el pico de abundancia de larvas de surubí de enero de 2014 ocurrió en coincidencia con el incremento del caudal de los ríos Paraguay y Bermejo, semanas en que hubo leves precipitaciones. Durante los registros de los dos mayores picos de densidades registradas en octubre y noviembre de 2014, el caudal de los ríos Paraguay y Bermejo se encontraban en descenso, con precipitaciones escasas a nulas. Se obtuvieron capturas de menor densidad como en semanas de octubre y noviembre de 2012, enero, febrero, marzo y octubre de 2013, septiembre de 2014 y enero de 2015, alguna de ellas asociadas a leves incrementos del caudal del río Bermejo y precipitaciones moderadas a intensas en zonas próximas a los ríos Paraguay y Bermejo (Figura 47).

En Paso de la Patria no se identificaron larvas de surubí. En Las Palmas el promedio registrado fue 0,286 larvas.m⁻³ ($\pm$ 0,535), con máximo de 3,898 larvas.m⁻³ para el 14 de enero de 2014. Las mayores densidades de larvas de surubí capturadas en enero

y febrero de 2014 coincidieron con incrementos del caudal de los ríos Paraguay y Bermejo y precipitaciones moderadas, mientras que otros picos de menor densidad, no se asociaron a incrementos del caudal de dichos ríos, tales como los registrados en noviembre de 2013, octubre y la segunda semana de diciembre de 2014. La mayor densidad de larvas de surubí se capturó en enero de 2014 (Figura 48).

Cabe mencionar que en los cuatro sitios de muestreo se colectaron larvas vitelinas identificadas como Sorubiminae, entre las cuales podrían encontrarse ejemplares de surubí de uno o dos días de vida que no pueden ser identificadas a nivel genérico.

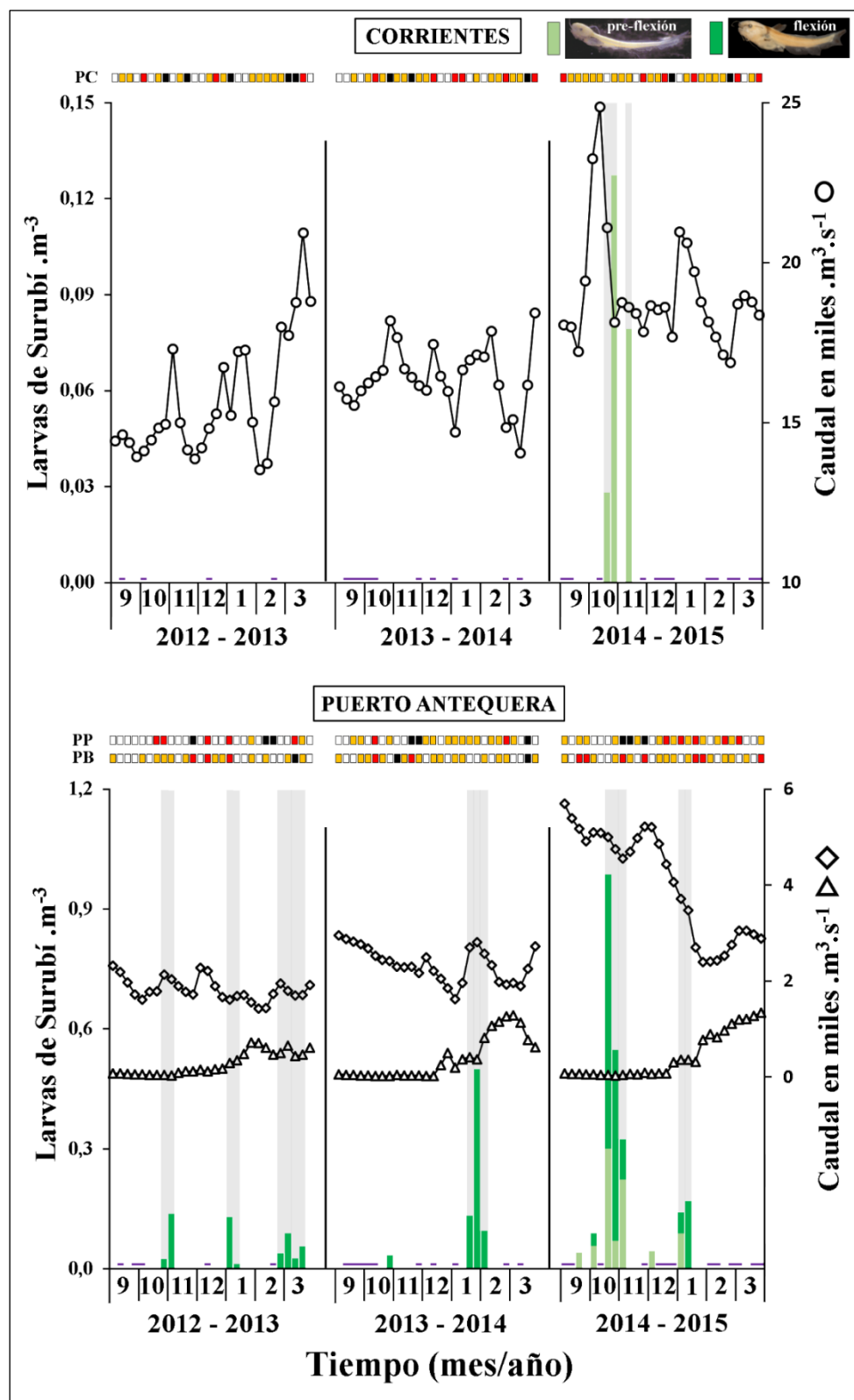


Figura 47. Densidad semanal promedio de larvas de surubí en los sitios Corrientes y Puerto Antequera durante los tres ciclos primavera-verano 2012-2015. Caudal promedio semanal del río Paraná (círculos), del río Paraguay (rombos) y del río Bermejo (triángulos). Las tonalidades de las barras de verde claro y verde oscuro representan los porcentajes de larvas en estadio de pre-flexión y flexión respectivamente. Semanas en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Corrientes (PC), Puerto Pilcomayo (PP) y Bermejo (PB) se representan en la parte superior de cada gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1-50 mm (barras naranjas), de 51-100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras). Guías de visualización entre los picos de larvas, caudales y precipitaciones (barras grises).

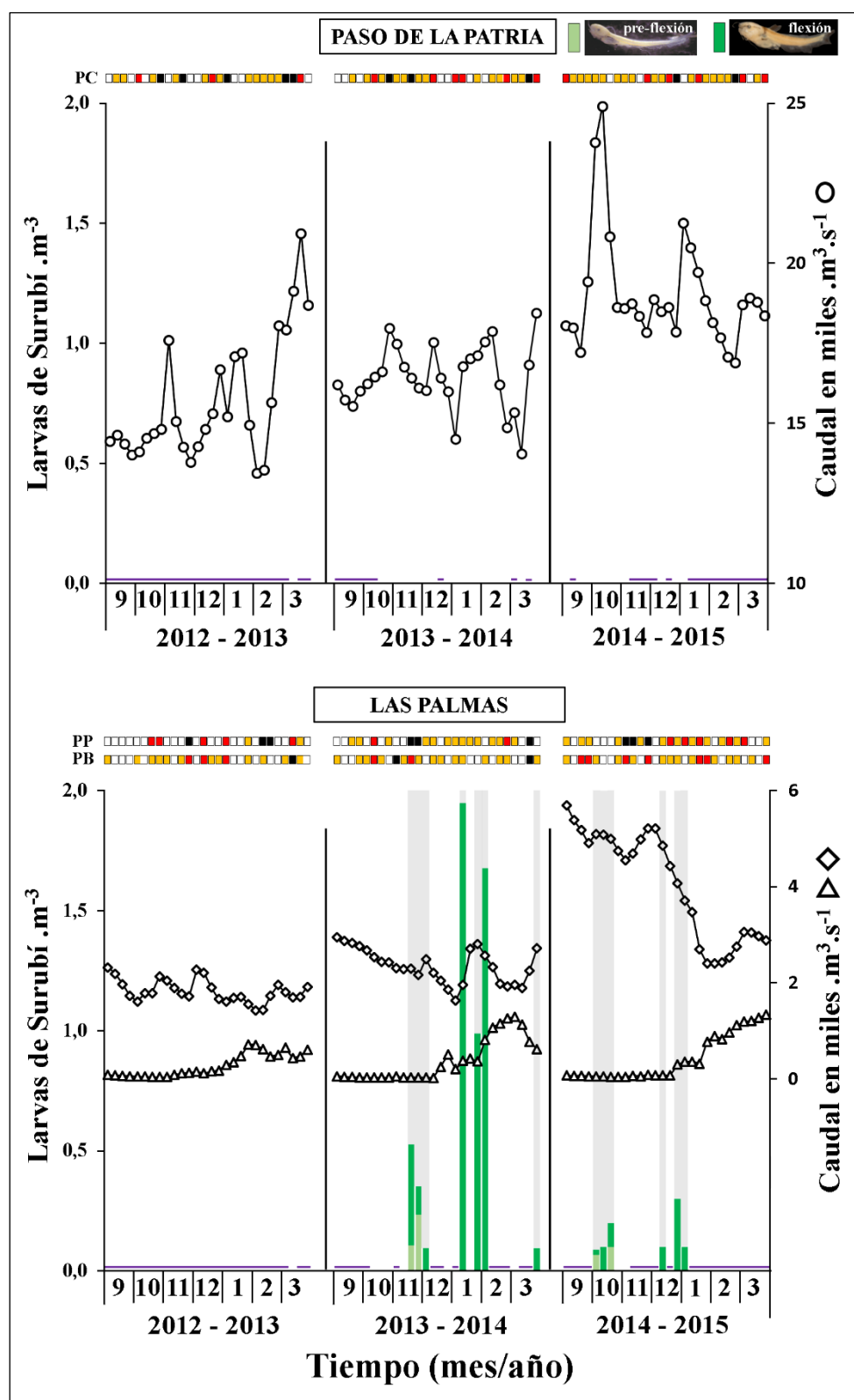


Figura 48. Densidad semanal promedio de larvas de surubí en los sitios Paso de la Patria y Las Palmas durante los tres ciclos primavera-verano 2012–2015. Caudal promedio semanal del río Paraná (círculos), del río Paraguay (rombos) y del río Bermejo (triángulos). Las tonalidades de las barras de verde claro y verde oscuro representan los porcentajes de larvas en estadio de pre-flexión y flexión respectivamente. Semanas en que no se realizaron muestreos (líneas moradas). Las precipitaciones acumuladas en cada semana en Corrientes (PC), Puerto Pilcomayo (PP) y Bermejo (PB) se representan en la parte superior de cada gráfico: sin precipitaciones (barras blancas), con precipitaciones de 1–50 mm (barras naranjas), de 51–100 mm (barras rojas) y valores mayores a 100 mm (barras negras). Guías de visualización entre los picos de larvas, caudales y precipitaciones (barras grises).

3.8. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE HUEVOS DE PECES Y LARVAS DE PECES DE INTERÉS COMERCIAL Y/O DEPORTIVO Y VARIABLES AMBIENTALES

Las correlaciones de Pearson realizadas entre las densidades (m^{-3}) promedio de huevos de peces en general, larvas de peces de interés comercial y/o deportivo y variables ambientales para los sitios de muestreo Corrientes y Puerto Antequera durante las estaciones de primavera-verano correspondiente a los tres ciclos reproductivos, 2012–2013 ($n=34$), 2013–2014 ($n=21$) y 2014–2015 ($n=20$) se presentan en las Tablas 8, 9 y 10 respectivamente.

De todas las correlaciones realizadas, se obtuvieron pocos valores estadísticamente significativos. En el sitio Corrientes se destacan principalmente asociaciones positivas entre la densidad de larvas de sábalo y el caudal y nivel hidrométrico del río Paraná en puerto Corrientes. En el sitio de muestreo Puerto Antequera hubo mayor cantidad de correlaciones significativas, que en Corrientes, destacándose las variables correspondientes a los ríos Paraguay y Bermejo en relación con las densidades de larvas de sábalo y surubí.

Tabla 8. Correlaciones entre densidades promedio de huevos de peces en general, larvas de bogas, sábalo, dorado, surubí (m^{-3}) y variables ambientales durante primavera-verano de 2012–2013. Caudal del río Paraná en puerto Corrientes (Q CT), caudal del río Paraguay en puerto Pilcomayo (Q Py PPil), caudal del río Bermejo (Q Ber), nivel hidrométrico del río Paraná en puerto Corrientes (NH CT), nivel hidrométrico del río Paraguay en puerto Bermejo (NH Py PBer), nivel hidrométrico del río Bermejo (NH Ber), nivel hidrométrico del río Pilcomayo (NH Pil), temperatura del agua (TA), conductividad eléctrica del agua (CE), oxígeno disuelto (O2 mg/l), saturación de oxígeno (O2 %), pH del agua, precipitaciones en zona de Corrientes (P CT), río Bermejo (P Ber) y zona del río Paraguay en puerto Pilcomayo (P PPil). Los $p < 0,01$: valor en negrita y subrayado; $p < 0,05$ y $p > 0,01$: valor en negrita; $p > 0,05$: texto normal.

CICLO	VARIABLES	SITIO DE MUESTREO									
		CORRIENTES					PUERTO ANTEQUERA				
		Huevos	Bogas	Sábalo	Dorado	Surubí	Huevos	Bogas	Sábalo	Dorado	Surubí
2012 - 2013	Q CT	-0,04	0,35	<u>0,45</u>	0,03	-	-0,04	-0,14	0,42	-0,01	0,29
	Q Py PPil	0,36	-0,07	0,09	0,31	-	0,11	0,04	-0,38	0,32	0,08
	Q Ber	-0,22	0,05	0,06	-0,17	-	-0,18	-0,03	0,4	-0,18	0,08
	NH CT	-0,02	0,38	<u>0,47</u>	0,06	-	-0,05	-0,14	0,42	0,01	0,29
	NH Py PBer	0,11	0,27	0,43	0,2	-	-0,15	-0,11	0,24	0,17	0,3
	NH Ber	-0,27	0,09	0,18	-0,22	-	-0,18	-0,03	<u>0,45</u>	-0,24	0,03
	NH Pil	-0,28	0,1	0,11	-0,24	-	-0,14	0,18	<u>0,56</u>	-0,25	0,08
	TA	-0,11	0,11	< -0,01	-0,07	-	-0,2	0,17	0,04	-0,07	-0,09
	CE	-0,03	-0,09	-0,07	-0,03	-	-0,06	<u>0,57</u>	0,12	-0,11	0,09
	O2 (mg/l)	0,13	-0,18	-0,17	0,01	-	<u>0,73</u>	-0,23	-0,13	0,01	-0,01
	O2 (%)	0,1	-0,14	-0,19	-0,02	-	<u>0,73</u>	-0,2	-0,12	-0,02	-0,04
	pH	0,07	0,03	0,2	0,07	-	-0,11	-0,16	<u>0,5</u>	-0,05	0,07
	P CT	-0,02	0,16	0,21	0,01	-	0,05	-0,1	-0,05	-0,01	0,43
	P Ber	0,14	-0,12	-0,09	-0,05	-	0,31	-0,08	-0,11	-0,04	-0,11
	P PPil	0,12	-0,11	-0,08	-0,03	-	<u>0,63</u>	-0,12	0,23	-0,05	0,11

Tabla 9. Correlaciones entre densidades promedio de huevos de peces en general, larvas de bogas, sábalo, dorado, surubí (m^{-3}) y variables ambientales durante primavera–verano de 2013–2014. Caudal del río Paraná en puerto Corrientes (Q CT), caudal del río Paraguay en puerto Pilcomayo (Q Py PPil), caudal del río Bermejo (Q Ber), nivel hidrométrico del río Paraná en puerto Corrientes (NH CT), nivel hidrométrico del río Paraguay en puerto Bermejo (NH Py PBer), nivel hidrométrico del río Bermejo (NH Ber), nivel hidrométrico del río Pilcomayo (NH Pil), temperatura del agua (TA), conductividad eléctrica del agua (CE), oxígeno disuelto (O2 mg/l), saturación de oxígeno (O2 %), pH del agua, precipitaciones en zona de Corrientes (P CT), río Bermejo (P Ber) y zona del río Paraguay en puerto Pilcomayo (P PPil). Los $p < 0,01$: valor en negrita y subrayado; $p < 0,05$ y $> 0,01$: valor en negrita; $p > 0,05$: texto normal.

CICLO	VARIABLES	SITIO DE MUESTREO									
		CORRIENTES					PUERTO ANTEQUERA				
		Huevos	Bogas	Sábalo	Dorado	Surubí	Huevos	Bogas	Sábalo	Dorado	Surubí
2013 - 2014	Q CT	0,17	0,33	0,5	-	-	-0,12	0,03	0,22	-	0,02
	Q Py PPil	0,13	-0,08	0,07	-	-	0,08	0,15	0,14	-	0,5
	Q Ber	-0,21	0,3	-0,03	-	-	-0,19	-0,23	0,1	-	0,02
	NH CT	0,14	0,3	0,43	-	-	-0,09	0,05	0,3	-	0,05
	NH Py PBer	0,1	0,17	0,25	-	-	-0,02	-0,02	0,36	-	0,45
	NH Ber	-0,25	0,25	-0,04	-	-	-0,23	-0,24	0,08	-	0,07
	NH Pil	-0,06	0,41	0,02	-	-	-0,15	-0,09	0,41	-	0,25
	TA	-0,3	0,28	-0,05	-	-	0,07	0,16	0,1	-	0,43
	CE	-0,34	0,04	0,08	-	-	0,18	0,2	< -0,01	-	0,2
	O2 (mg/l)	0,3	-0,33	-0,15	-	-	-0,16	-0,24	-0,13	-	-0,46
	O2 (%)	0,17	-0,12	-0,08	-	-	-0,22	-0,29	-0,08	-	-0,49
	pH	0,15	-0,07	0,07	-	-	-0,3	-0,29	0,03	-	0,14
	P CT	-0,13	-0,12	-0,1	-	-	-0,08	-0,11	-0,14	-	-0,1
	P Ber	-0,17	-0,16	-0,12	-	-	-0,1	-0,16	-0,18	-	-0,15
	P PPil	-0,12	-0,11	-0,1	-	-	-0,07	-0,11	-0,07	-	-0,08

Tabla 10. Correlaciones entre densidades promedio de huevos de peces en general, larvas de bogas, sábalo, dorado, surubí (m^{-3}) y variables ambientales durante primavera-verano de 2014–2015. Caudal del río Paraná en puerto Corrientes (Q CT), caudal del río Paraguay en puerto Pilcomayo (Q Py PPil), caudal del río Bermejo (Q Ber), nivel hidrométrico del río Paraná en puerto Corrientes (NH CT), nivel hidrométrico del río Paraguay en puerto Bermejo (NH Py PBer), nivel hidrométrico del río Bermejo (NH Ber), nivel hidrométrico del río Pilcomayo (NH Pil), temperatura del agua (TA), conductividad eléctrica del agua (CE), oxígeno disuelto (O_2 mg/l), saturación de oxígeno (O_2 %), pH del agua, precipitaciones en zona de Corrientes (P CT), río Bermejo (P Ber) y zona del río Paraguay en puerto Pilcomayo (P PPil). Los $p < 0,01$: valor en negrita y subrayado; $p < 0,05$ y $p > 0,01$: valor en negrita; $p > 0,05$: texto normal.

CICLO	VARIABLES	SITIO DE MUESTREO									
		CORRIENTES					PUERTO ANTEQUERA				
		Huevos	Bogas	Sábalo	Dorado	Surubí	Huevos	Bogas	Sábalo	Dorado	Surubí
2014 - 2015	Q CT	<u>0,71</u>	-0,06	0,33	0,05	-0,29	0,52	< -0,01	< -0,01	0,35	0,08
	Q Py PPil	0,23	-0,14	-0,11	-0,15	0,18	0,05	0,15	-0,12	-0,06	0,31
	Q Ber	-0,21	0,05	0,05	0,07	-0,26	-0,08	-0,29	0,05	0,01	-0,33
	NH CT	<u>0,68</u>	-0,12	0,32	-0,01	-0,29	0,52	0,01	-0,04	0,35	0,12
	NH Py PBer	0,28	-0,06	-0,03	-0,06	0,16	0,12	0,18	-0,03	0,01	0,33
	NH Ber	0,39	< 0,01	0,31	0,09	-0,22	-0,07	-0,3	0,04	0,02	-0,38
	NH Pil	-0,2	0,05	0,06	0,06	-0,35	0,11	-0,17	0,1	0,22	-0,42
	TA	-0,46	0,1	0,05	0,09	0,08	-0,18	0,03	0,08	-0,02	-0,05
	CE	<u>-0,57</u>	-0,04	-0,09	-0,08	0,12	-0,28	-0,15	0,01	-0,13	-0,26
	O_2 (mg/l)	0,13	-0,09	-0,05	-0,1	-0,13	0,27	-0,16	0,32	0,12	0,37
	O_2 (%)	-0,02	-0,07	-0,03	-0,07	-0,13	0,25	-0,15	-0,03	0,19	0,44
	pH	-0,08	0,19	0,11	0,19	0,34	-0,07	-0,04	-0,22	0,01	-0,38
	P CT	-0,19	-0,08	-0,08	-0,09	-0,12	-0,14	-0,08	-0,08	-0,09	-0,14
	P Ber	-0,14	-0,11	-0,14	-0,16	-0,04	-0,19	-0,15	-0,12	-0,17	-0,22
	P PPil	0,09	<u>0,91</u>	-0,11	<u>0,83</u>	0,19	-0,1	< 0,01	<u>0,85</u>	-0,14	-0,09

Capítulo 4

DISCUSIÓN y CONCLUSIÓN

4. - DISCUSIÓN

La zona de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay constituye un área compleja de investigar, dado que la deriva ictioplanctónica hacia aguas abajo de la misma puede estar constituida de desoves diferentes, a lo que se agrega la complejidad hidrológica generada por la confluencia de dos cursos de caudales con dinámica y magnitudes diferentes. Adicionalmente, cobra especial relevancia la localización de la represa de Yacyretá en el alto Paraná apenas unos 200 km aguas arriba de la confluencia.

El impacto negativo que generan las represas sobre la fauna íctica ha sido ampliamente estudiado en la región Neotropical (Agostinho *et al.*, 2003; Sanches *et al.*, 2006; Pelicice y Agostinho, 2008; Pelicice *et al.*, 2015). Si bien el río Paraguay se encuentra libre de presas, el río Paraná cuenta con múltiples represamientos y Yacyretá no queda exento de los efectos nocivos provocados a las poblaciones ícticas (Oldani *et al.*, 2005). Múltiples trabajos muestran que hay buen nivel de reproducción de peces en general y de especies de interés comercial y/o deportivo en particular, en el río Paraná en los tramos medio e inferior (Fuentes, 1998; Fuentes *et al.*, 1998; Fuentes y Espinach Ros 1998; Fuentes y Espinach Ros 2005; González *et al.*, 2010; Fuentes *et al.*, 2016). En dichos estudios se colectaron huevos y larvas de peces con diferentes grados de desarrollo, evidenciando la superposición de eventos reproductivos diferentes, algunos de los cuales podrían localizarse próximos a la zona de confluencia.

La escasa información referida a las zonas de reproducción en sitios próximos a la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay, así como en tramos aguas arriba de la misma motivó a la realización de este estudio. Para ello, se propuso como objetivo principal estimar la importancia relativa de ambos ríos en el aporte espacial y temporal de huevos

y larvas de peces en general, y en particular de larvas de peces correspondientes a grupos de interés comercial y/o deportivo. Se plantearon una serie hipótesis y objetivos particulares vinculados con la temática del estudio del ictioplancton. Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas, se obtuvieron muestras de ictioplancton entre 2012 y 2015, y se estimaron valores de diferentes variables hidrológicas, físico-químicas del agua y meteorológicas. La ocurrencia y magnitud de los eventos reproductivos en la zona de confluencia de los ríos Paraná y Paraguay se estimó a partir de la densidad total de huevos y larvas de peces a la deriva, identificándose varios tipos larvales al nivel taxonómico más bajo posible, con especial atención en larvas de bogas, sábalo, dorado y surubí.

A continuación, se discuten en mayor detalle los resultados obtenidos para los 4 grupos de larvas de peces de interés comercial y/o deportivo identificados.

4.1. DORADO

La captura de larvas de *Salminus brasiliensis* en Paso de la Patria y Corrientes confirma la hipótesis que plantea que los adultos de esta especie se reproducen en el alto Paraná aguas abajo de Yacyretá (Figura 49). La evidencia apoya esta afirmación, ya que la totalidad de dichas larvas se capturaron en estadio de pre-flexión (Figura 20 C), lo que indica que los desoves ocurren en zonas cercanas aguas arriba de los sitios de muestreo mencionados anteriormente. De acuerdo con los registros hidrológicos correspondientes a las crecientes registradas en el período estudiado (Figura 39), la masa de agua que traspasó el eje de Yacyretá tardó de 6 a 7 días en promedio en llegar a Corrientes Capital. Según las descripciones de Santos y Godinho (2002), las larvas de dorado viteladas y sin pigmentos oculares como las capturadas en este trabajo tendrían alrededor de dos días de

vida post eclosión, tiempo que resultaría insuficiente para suponer que podrían provenir desde aguas arriba de dicha represa.

Las colectas de larvas de dorado en Corrientes y Paso de la Patria coincidieron con picos de creciente del río Paraná (Figuras 45 y 46), evidenciando una fuerte sincronización entre el incremento del caudal y la reproducción de esta especie. Las capturas de larvas de dorado en Puerto Antequera, así como su ausencia en las muestras de Las Palmas deben ser analizadas cuidadosamente. De los resultados obtenidos, se destacan dos particularidades relevantes que no permiten confirmar que esta especie desovara en el río Paraguay en el período estudiado. En primer lugar, la ausencia de larvas de dorado en muestras de Las Palmas es un indicador en sí mismo, ya que más allá de la ocurrencia de cuestiones asociadas a la aleatoriedad de los muestreos, en dicha localidad sí se capturaron ejemplares de las demás especies de interés. En segundo lugar, es oportuno mencionar que las capturas de larvas de dorado registradas en Puerto Antequera coincidieron con las crecientes del Paraná. Considerando además que las larvas colectadas en ambas márgenes presentaban un grado de desarrollo similar, sería muy probable que las mismas llegaran a la margen derecha del río por advección procedentes del alto Paraná. Las imágenes satelitales ilustrativas de las transectas realizadas, sugieren que de acuerdo al aporte de caudales del río Paraná, la divisoria de aguas puede desplazarse de manera considerable hacia margen derecha (Figuras 31, 32 y 33). Así, con niveles más elevados de descarga procedentes del alto Paraná, aumenta la probabilidad de advección del ictioplancton desde la margen izquierda hacia la margen derecha. La información aportada por las densidades de larvas de dorado, correspondiente a las transectas se orienta en el mismo sentido. En la transecta de 2013, la mayor densidad de larvas de dorado se colectó en el punto III, y en menor medida en los puntos más próximos

a margen izquierda, mientras que en la margen derecha no se registraron capturas (Figura 26). En las transectas de 2014 y 2015, cuando hubo un incremento importante del caudal del río Paraná, la mayor abundancia de larvas de dorado volvió a registrarse desde el centro hacia la margen izquierda, pero además pudieron capturarse ejemplares hacia la margen derecha (Figuras 28 y 30, respectivamente). En estas dos últimas transectas, la totalidad de las larvas capturadas en los distintos puntos del eje Corrientes–Antequera correspondieron al estadio pre-flexión sin pigmentos oculares y con vitelo, indicando que podrían corresponder al mismo evento reproductivo. Estos resultados no permiten descartar la posibilidad de que las larvas de dorado capturadas en Puerto Antequera, provengan de desoves ocurridos en el río Paraguay. Sin embargo, es muy probable que la condición hidrológica dominante del río Paraná, produzca advección de larvas poco desarrolladas sobre la margen derecha en la zona de confluencia.

Los registros de ictioplancton en la cuenca del río Paraguay son escasos, y solo en un trabajo realizado en el río Pilcomayo en 2006 se reportaron capturas de huevos de la familia Characidae y subfamilia Salmininae que podrían pertenecer a *Salminus brasiliensis* (Baigún *et al.*, 2007). Si bien no puede descartarse que aguas abajo de confluencia existan otros sitios de desove, de dorado, en el tramo medio del Paraná, la información obtenida en este estudio permite inferir que aguas arriba de confluencia el principal aportante es el Paraná.

4.2. SURUBÍ

La abundancia de larvas de *Pseudoplatystoma* spp. fue muy baja a lo largo del período de estudio, resultando, además, la de menor dentro del conjunto de especies de interés. La colecta de ejemplares, en flexión, en numerosas muestras de Las Palmas y en

períodos coincidentes en Puerto Antequera, en los tres ciclos reproductivos estudiados, apoya la hipótesis de que este grupo se reprodujo activamente en la cuenca del río Paraguay en sitios relativamente alejados, aguas arriba de la confluencia Paraná–Paraguay, ya sea sobre el Paraguay propiamente dicho o sus afluentes como el río Bermejo (Figura 48). En Las Palmas, la abundancia de larvas de surubí en estadio de pre-flexión fue inferior respecto a otros más desarrollados, algo que coincidió con lo observado en Puerto Antequera en el ciclo 2013–2014. La situación registrada en el ciclo 2014–2015 fue diferente; mientras que en Las Palmas la densidad de larvas de surubí fue notablemente más baja respecto al ciclo anterior, en Puerto Antequera los valores fueron mayores, especialmente por la presencia de ejemplares menos desarrollados, los que también se observaron en muestras de Corrientes, en octubre y noviembre de 2014 (Figuras 47 y 48). A diferencia de los ciclos previos, el ciclo 2014–2015 presentó una condición hidrológica peculiar, caracterizada por un río Paraná que se mantuvo con un nivel hidrométrico superior al promedio durante primavera–verano, determinando la ocurrencia de un efecto tapón (en inglés “backwater effect”) bastante prolongado sobre el río Paraguay. Este efecto produce una represión hidrológica generada por la influencia del remanso cercano a la desembocadura de la zona de confluencia, durante las crecientes del río Paraná (Drago *et al.*, 2008). En estas condiciones, tuvo lugar el mayor pico de creciente del río Paraná dentro del período estudiado, el que habría actuado como desencadenante de desoves de la mayoría de las especies migradoras. Entre estas, se encuentran los surubíes, que registraron un pico de captura de larvas con escaso desarrollo en ambas márgenes del río Paraná a la altura de Corrientes en la primavera de 2014 (Figura 28). Al igual que lo descripto para *S. brasiliensis*, la presencia de larvas de surubí en estadio pre-flexión en margen derecha podría asociarse al fenómeno de advección desde la margen izquierda (Figura 49). Esta afirmación permite explicar la presencia

simultánea de larvas de surubí poco desarrolladas en ambas márgenes, siendo menos probable que el proceso de advección ocurra desde margen derecha hacia margen izquierda, en especial en momentos en que el río Paraná está crecido. El escaso grado de desarrollo de las larvas de surubí colectadas en ambas márgenes del río Paraná, así como de otras larvas de Siluriformes, que al presentar un desarrollo menor solo pudieron ser clasificadas como subfamilia Sorubiminae, indica que este grupo se reprodujo en el alto Paraná en sitios relativamente cercanos a la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay. Por su parte, las larvas de surubí más desarrolladas capturadas en margen derecha en coincidencia con el pico de ejemplares más jóvenes, indicaría que en el ciclo 2014–2015 hubo una superposición de ejemplares provenientes de ambos ríos en Puerto Antequera (Figura 47).

La ausencia de larvas de surubí en las muestras de Paso de la Patria, situado a unos 180 km aguas abajo de Yacyretá aproximadamente, podría relacionarse con la ubicación del punto seleccionado para las colectas en este sitio de muestreos. Frente a dicha localidad el canal de navegación del río Paraná se recuesta sobre costa paraguaya, y por cuestiones de seguridad se tomaron las muestras en un punto desplazado hacia margen izquierda, algo alejado del canal. Esta localización permitió colectar larvas de aquellas especies que se reprodujeron en el alto Paraná a una distancia suficiente como para que se dispersaran por fuera del canal propiamente dicho. Posiblemente en el caso del surubí, los sitios de reproducción se encontraban más próximos a la confluencia, resultando probable que la mayor parte de la deriva haya pasado más próxima a la margen derecha y recién hubieran podido ser colectados a la altura de Corrientes Capital, en ambas márgenes como consecuencia de la advección. Los informes del monitoreo de ictioplancton realizados para la Entidad Binacional Yacyretá aguas arriba de la zona de

muestreos aquí estudiada representan la única información con detalle taxonómico a nivel de familia/género para la discusión de este trabajo. En dichos informes se reportaron capturas de larvas de *Pseudoplatystoma* spp. (con desarrollo temprano) en el río Paraná a la altura de Itatí e Itá Ibaté durante primavera-verano de 2012 y 2014 (Garrido *et al.*, 2013, 2014), reforzando la hipótesis que sostiene que este grupo se reprodujo en el alto Paraná en el período estudiado. Estas dos localidades se ubican a una distancia aproximada de 150 y 82 km de distancia aguas abajo de Yacyretá, respectivamente. Resulta importante mencionar que la identificación de larvas de Siluriformes en etapas muy tempranas de desarrollo a nivel de especie es muy dificultosa debido a la escasez de caracteres distintivos. Por ejemplo, en el trabajo de Sanches *et al.* (2020) sólo pudieron identificar larvas de surubí a nivel de género cuando presentaban un grado de desarrollo algo avanzado, mientras que con un desarrollo más incipiente solo se las pudo agrupar o asignar a nivel de subfamilia. Esta dificultad en la clasificación taxonómica también fue indicada por Da Silva *et al.* (2015), quienes no lograron diferenciar larvas de *Hemisorubim platyrhynchos* y *Pseudoplatystoma corruscans* en individuos con desarrollo muy temprano. Afortunadamente, en algunas colectas de Corrientes se lograron identificar larvas de *Pseudoplatystoma* spp., mientras que otras larvas con menor grado de desarrollo se agruparon como Sorubiminae, excluyéndolas de la agrupación a nivel de género. Las larvas de surubí fueron detectadas esporádicamente a la altura de Corrientes (Fuentes, observación personal), siendo posible, además, que los sitios de desove estén tan próximos a los puntos de muestreo que el escaso grado de desarrollo de las larvas no hayan permitido realizar una determinación taxonómica de las mismas. A diferencia de lo que ocurre en sábalo y boga, en donde la fase de pre-flexión puede ser muy prolongada (más de una semana, Nakatani *et al.*, 2001; Llamazares *et al.*, 2021), esta etapa de desarrollo en surubí es mucho más breve (24 horas, Andrade *et al.*, 2016). Dado

que la mayoría de las larvas capturadas de surubí pertenecen al estadio de pre– flexión, puede suponerse que los ejemplares colectados en Corrientes, tendrían hasta un día de vida posterior a la eclosión aproximadamente, reforzando la hipótesis referida a la ubicación muy próxima de los sitios de desove de *Pseudoplatystoma* spp. en el alto Paraná. Esto sugiere que el surubí está mejor preparado para la búsqueda de alimento tempranamente en el canal, mientras que sábalo y boga dependerían un poco más de alcanzar la primera alimentación en zonas lateralizadas o marginales para comenzar la flexión y continuar creciendo,

Fuentes *et al.* (2018) reportaron la presencia de larvas de surubí en diferentes estadios de desarrollo (no viteladas, pre–flexión y flexión) a la altura de Hernandarias (Entre Ríos), unos 450 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay, incluso durante los mismos años de muestreo de esta tesis. Esto permite suponer que existen varios sitios de desove en el río Paraná, incluso, no es posible descartar la posibilidad de que alguno de estos puedan ocurrir aguas abajo del eje Corrientes–Antequera. Por lo tanto, podría ocurrir la superposición de varios desoves tanto del río Paraguay o sus tributarios, como del río Paraná en más de una localidad, la que podría en parte involucrar a los tributarios que drenan en sentido SO desde la provincia de Corrientes. La deriva hacia aguas abajo distribuiría las larvas hasta las áreas del valle de inundación del río Paraná medio e inferior, sitios que, en condiciones favorables podrían ocurrir reclutamientos exitosos de esta y otras especies migratorias.

4.3. BOGAS Y SÁBALO

La ocurrencia de larvas de la familia Anostomidae (bogás) y *Prochilodus lineatus* (sábalo) en los cuatro sitios de muestreo permite aceptar las hipótesis de que estas

especies de interés se reproducen en los ríos Paraná y Paraguay (Figura 50). La totalidad de dichas larvas se encontraron en estadio pre-flexión, lo que indica una proximidad relativa de los sitios de reproducción situados aguas arriba de los puntos de muestreo. El registro de larvas de la familia Anostomidae (vitelinas y pre-flexión) en el río Paraná, a la altura de Itatí e Itá Ibaté, apoya la hipótesis de que las bogas se reproducen en el río Paraná aguas abajo de Yacyretá (Garrido *et al.*, 2013, 2014). Esta interpretación está sustentada por los tiempos requeridos para la reabsorción de las reservas vitelínicas en larvas tempranas de especies de la familia Anostomidae. En un estudio ontogenético realizado en *Leporinus elongatus* (Anostomidae, ahora *Megaleporinus elongatus*), se observó que las larvas absorben la totalidad del vitelo en el día 5, momento en que la pigmentación ocular es completa (Santos y Godinho, 1996). Sólo una proporción menor de las larvas de bogas colectadas en Corrientes y Paso de la Patria coinciden con dicha descripción, mientras que la mayor abundancia correspondió a ejemplares menos desarrollados, sugiriendo que las mismas provendrían de sitios de reproducción aguas abajo de Yacyretá con no más de 2 a 4 días de deriva (Figuras 41 y 42). En el caso de las larvas de sábalo capturadas en los dos sitios de muestreo mencionados anteriormente, tendrían como máximo unos 6 días de vida post eclosión (Sverlij *et al.*, 1993). En el río Pilcomayo se ha registrado deriva de larvas de la familia Anostomidae y de *Prochilodus lineatus* en muestreos llevados a cabo en 2006 (Baigún *et al.*, 2007). En el trabajo de Canón Verón (2005) se mencionan capturas de larvas en estadios de proto, meso y metalarvas (equivalentes a pre-flexión, flexión y post-flexión) provenientes de los ríos Bermejo y Paraguay, que podrían pertenecer a especies de interés tales como *Megaleporinus* spp. y *Prochilodus lineatus*. Las mayores densidades de larvas de bogas estimadas en Puerto Antequera se relacionan principalmente con la presencia de ejemplares con un desarrollo más avanzado que correspondería a la deriva del río

Paraguay (Figuras 41 y 42). Sin embargo, los picos de abundancia de larvas de bogas vitelinas con un menor desarrollo parecen coincidir temporalmente en ambos márgenes del río, especialmente durante los picos de creciente del Paraná, pudiendo evidenciar un proceso de advección de manera similar a lo indicado para dorado y surubí. De igual forma, las mayores densidades de larvas de sábalo vitelinas con escaso desarrollo, se registraron de manera casi simultánea en Paso de la Patria, Corrientes y Puerto Antequera, en coincidencia con los picos de creciente del río Paraná, indicando un aporte significativo proveniente del alto Paraná desde aguas arriba de la confluencia (Figuras 43 y 44). En enero de 2015, en Las Palmas se capturaron exclusivamente larvas de sábalo con ojos pigmentados y sin reservas vitelínicas, las que se registraron con muy baja densidad sobre la margen derecha en las muestras de Puerto Antequera. En este último sitio, en el pico de larvas de sábalo registrado a principios de 2015, su desarrollo fue coincidente con los encontrados en las capturas de Corrientes y Paso de la Patria, evidenciando que también en *P. lineatus* se estaría en presencia del proceso de advección, propuesto para las demás especies de interés. Esto también puede observarse analizando la información aportada por las transectas realizadas en el eje Corrientes–Antequera (Figuras 26, 28 y 30). En la transecta de marzo de 2013, octubre de 2014 y enero de 2015 las larvas de sábalo se colectaron principalmente hacia el centro del río y sobre margen izquierda.

4.4. PECES EN GENERAL

4.4.1. Río Paraná

Varios trabajos de investigación señalan los efectos negativos que generan las represas sobre las comunidades ícticas, entre los que se encuentran los vinculados con la reproducción (Agostinho y Gomez, 2002; Oldani *et al.*, 2007, Agostinho *et al.*, 2016).

Agostinho *et al.*, (1993 b) reportaron que las grandes especies migratorias no se reprodujeron en el río Paraná aguas abajo de la represa hidroeléctrica de Itaipú. Los datos de la presente investigación permiten confirmar la ocurrencia de reproducción de peces en el alto Paraná aguas abajo de la represa, evidenciando que el emplazamiento de Yacyretá no inhibe los desoves en el tramo fluvial comprendido entre la central hidroeléctrica y la zona de confluencia. En dicho tramo, la actividad reproductiva está fuertemente sincronizada con los pulsos de creciente, durante las estaciones primavera y verano (Figura 35). Considerando que hay estudios que evidenciaron la reproducción de peces aguas arriba de Yacyretá (Rossi *et al.*, 2010, 2011; Garrido *et al.*, 2013, 2014; Álvarez, 2017), y que aguas abajo no hay larvas en estadio de desarrollo avanzado, puede inferirse que no hay pasaje de larvas vivas a través de la represa. Esto posiblemente se relacione con dos factores, la baja densidad de larvas detectadas en la zona del embalse de Yacyretá (alrededor de dos órdenes de magnitud inferiores a las estimadas aguas abajo) y el elevado tiempo de retención del caudal que ingresa a la misma, estimado en alrededor de 17 a 23 días (Garrido *et al.*, 2013; Meichtry de Zaburlin *et al.*, 2013). Estos resultados difieren con lo observado en la represa de Salto Grande (río Uruguay), donde se verificó el pasaje de larvas, posiblemente asociado a un tiempo de residencia menor del agua de alrededor de 11 o menos días (Fuentes *et al.*, 2016).

La metodología de muestreos realizada no permite precisar si hubo desoves de peces en arroyos, aunque no se descarta que alguna especie lo haga en el tramo confluencia–Yacyretá. De todas formas, la alta frecuencia de huevos en las muestras de Paso de la Patria indica la ocurrencia de desoves en canal, lo que coincide con lo observado en el río Paraná (Fuentes, 1998; Fuentes y Espinach Ros, 1998; Fuentes *et al.* 1998; Fuentes *et al.*, 2018) y en el río Uruguay (Mantero y Fuentes, 1997; Fuentes *et al.*,

2014; Fuentes *et al.*, 2016, Fuentes *et al.*, 2018).

La presencia de huevos y larvas de peces capturados en Paso de la Patria y Corrientes mayoritariamente recién eclosionadas o en estadios de desarrollo temprano (pre-flexión) indica que las zonas de reproducción del alto Paraná se encuentran relativamente próximas a dichos sitios de muestreo. Esto también fue reportado en las colectas llevadas a cabo en la margen izquierda y derecha del río Paraná en sitios próximos a Corrientes Capital (Canón Verón, 2001,2005), Itatí e Itá Ibaté (González *et al.*, 2010; Garrido *et al.*, 2013, 2014). La ausencia de individuos en flexión y post-flexión en Paso de la Patria y Corrientes es coherente con la ocurrencia de un desove único aguas abajo de Yacyretá. Mientras que la hipótesis de que exista superposición de sitios de desove y que al menos una parte de las larvas provengan desde aguas arriba de la represa de Yacyretá, no pudo sustentarse. Esto último sugiere que la abundancia de larvas aportadas desde este tramo del alto Paraná hacia la zona de confluencia sería nula o bien muy baja y difícil de detectar.

4.4.2. Río Paraguay

Existen diferencias considerables entre el río Paraná y el Paraguay. El caudal del río Paraguay es muy inferior al del Paraná, y está sujeto a un régimen mixto, en parte proveniente del Pantanal y en parte de los caudales que pueden provenir de sus tributarios más conspicuos como el Bermejo. Dado que estos ríos tienen regímenes hidrológicos diferentes, es esperable que constituyan zonas de desove alternativas que hayan surtido de efectivos al río Paraguay en momentos diferentes. Puede inferirse de las figuras, de las especies de interés analizadas en el contexto hidrológico de los ríos Paraná, Paraguay y Bermejo (Figuras del 41 al 48). Sería probable que el aporte de ejemplares desde el río

Bermejo, cuyas crecientes ocurren casi invariablemente entre enero y marzo, se relacione con la ocurrencia de larvas con desarrollo avanzado en dicho período en Las Palmas y Puerto Antequera. Previamente a dichos meses, y en ausencia de crecientes del Paraná, el ictioplancton colectado en los sitios mencionados anteriormente correspondería a desoves ocurridos en el río Paraguay propiamente dicho, mientras que los ejemplares escasamente desarrollados colectados en Puerto Antequera con el Paraná crecido, se relacionarían más con procesos de advección que con derivas del río Paraguay. En esta última situación, sería probable que los huevos y larvas en deriva en el río Paraguay queden retenidos dentro de dicha cuenca por efecto del taponamiento ejercido por las crecientes del Paraná. Esto provocaría un aumento del nivel hidrométrico y disminución de la velocidad de corriente en el río Paraguay de manera considerable.

El único estudio disponible que abordó de manera comparativa la deriva del ictioplancton en ambos márgenes del río Paraná, en sitios próximos a los utilizados en este estudio, mostró que la mayor abundancia de ictioplancton ocurrió en la margen derecha del río Paraná (Canón Verón, 2005). En dicho estudio, se resaltó que la actividad reproductiva en el río Paraguay es abundante y sostenida y que las marcadas diferencias estimadas entre ambos márgenes del río Paraná, a la altura de la ciudad de Corrientes, podrían atribuirse a la acción que ejerce el río Paraguay. En el presente trabajo de tesis doctoral se registraron abundantes elementos de ictioplancton a la deriva en los sitios de muestreo Las Palmas y Puerto Antequera, confirmando una vez más que la cuenca del río Paraguay es un área de reproducción de los peces en general (Figuras 36 y 38).

4.5. PLUMAS DE AGUA EN AMBAS MÁRGENES DEL RÍO PARANÁ

Las diferencias encontradas para la mayoría de las variables de calidad de agua analizadas permiten suponer que las plumas de deriva, que discurren sobre ambas márgenes del río Paraná frente a Corrientes Capital, son relativamente independientes (Tabla 3). En este contexto, el ictioplancton colectado en los sitios Corrientes y Puerto Antequera correspondería a reproducciones ocurridas en los ríos Paraná y Paraguay, respectivamente (Tabla 2). Este ha sido un supuesto planteado inicialmente, aunque los resultados de la presente tesis indican que debe considerarse con precaución, ya que es muy probable que el nivel de mezcla entre las plumas de deriva, en el eje Corrientes–Antequera, dependa del caudal aportado por cada río al momento de los muestreos. Cuando el río Paraná está crecido y el río Paraguay bajo, la relación de caudales puede llegar a superar 10:1. Así, en esta situación, la zona de mezcla de las plumas de deriva se acercaría más hacia la costa chaqueña, mientras que en una bajante del río Paraná combinada con una creciente del río Paraguay, las aguas podrían mezclarse con las del centro del cauce a la altura de Corrientes Capital. Los resultados presentados en las Figuras 31 a 33 y en la Tabla 7, correspondientes a las tres transectas realizadas a la altura de Corrientes, permiten graficar estos acontecimientos. Otro suceso relevante, cuando ocurren crecientes de gran magnitud en el río Paraná, es la ocurrencia de un efecto tapón sobre el río Paraguay, impidiendo que las aguas de este último río discurren de la misma forma en que lo hacen cuando el Paraná presenta un nivel hidrológico bajo. El taponamiento tiene dos derivaciones importantes: por un lado, el nivel del río Paraguay comienza a elevarse acompañando al ascenso del Paraná inundando áreas costeras; por otro lado, es probable que ingrese agua desde el río Paraná hacia el río Paraguay, ya sea porque el desborde del Paraná supera el nivel de las barrancas en la zona de confluencia, o bien porque parte del caudal del Paraná ingrese aguas arriba en el río Paraguay. Estos

fenómenos podrían sostenerse durante un período variable hasta que el nivel de ambos ríos se equilibre. Como consecuencia de la elevación del nivel hidrológico del río Paraguay, generada por el taponamiento, podría estimularse la reproducción de los ejemplares maduros ubicados dentro del río Paraguay, generando huevos y larvas que se desarrollarían principalmente en dicho río, favorecidos por la posibilidad de acceder al valle de inundación. En tales condiciones, la escasa corriente del río Paraguay, generaría un escenario propicio para el desarrollo de las larvas facilitando su acceso al valle de inundación. Por otro lado, con el ingreso de agua del Paraná a la cuenca del Paraguay, podrían ingresar huevos y larvas procedentes del alto Paraná, las que comenzarían a desarrollarse en el río Paraguay unos pocos kilómetros aguas arriba de la confluencia. Posteriormente, con el descenso del nivel hidrológico del Paraná, estas larvas derivarían sobre la margen derecha a la altura del eje Corrientes–Antequera a pesar de provenir de reproducciones ocurridas en el alto Paraná. La posibilidad de un mayor nivel de mezcla sobre la margen derecha, así como el posible ingreso de agua del Paraná en la cuenca del Paraguay cuando el río Paraná se encuentra en creciente, son componentes de una dinámica hidrológica muy compleja que dificulta la interpretación del posible origen de los elementos en la deriva.

Los aspectos antes mencionados generan incertidumbre respecto de las mayores densidades de huevos y larvas de peces en general y de larvas de bogas, sábalo y surubí registradas en Puerto Antequera respecto de Corrientes, ya que durante altas descargas del río Paraná, gran parte de los ejemplares colectados en la margen derecha podrían corresponder a reproducciones provenientes del río Paraná. Cabe destacar que sería muy poco probable que una creciente del río Paraguay coincidente con el Paraná bajo, pudiera generar un proceso de advección desde la margen derecha hacia la margen izquierda, por

lo que se presume que todas las larvas colectadas en Corrientes corresponden a derivas del alto Paraná.

4.6. VARIABLES DE CALIDAD DEL AGUA

Aunque las temperaturas de los ríos son generalmente más sensibles a las condiciones atmosféricas, los cambios en el caudal también afectan significativamente las temperaturas del agua, especialmente durante los períodos cálidos y secos con menores niveles hidrológicos (Sinokrot y Gulliver, 2000; van Vliet *et al.*, 2011). La estimación de temperaturas mayores en Puerto Antequera podría explicarse por el transporte de grandes cargas de materia orgánica y sedimentológicas, el menor caudal, profundidad y velocidad de corriente en el río Paraguay (Figura II en Anexos). Con estas características y el incremento de la incidencia solar durante primavera-verano, la temperatura del agua se eleva de manera importante. Las variaciones en la turbidez observadas en Puerto Antequera muestran picos en el verano en los tres ciclos analizados (asociados a disminución de la transparencia), los que se correspondieron con las crecientes del río Bermejo, cuyas descargas de sólidos en suspensión superan los 100 millones de tn/año (Soldano, 1947; Orfeo, 1995). Estas variaciones no afectaron la turbidez ni la transparencia en la costa de Corrientes, indicando que las descargas de los ríos Paraguay y Paraná se mantuvieron bien diferenciadas a la altura del punto seleccionado para los muestreos durante la mayor parte del tiempo (Figuras IV y V en Anexos). Los valores registrados para la conductividad eléctrica y la saturación de oxígeno disuelto apoyarían lo antes mencionado, ya que los valores correspondientes a ambas márgenes se mantienen claramente segregados (Figuras III y VI en Anexos), confirmando lo señalado en numerosos estudios que indican que la mezcla total ocurriría varios kilómetros aguas abajo. Sin embargo, cuando el río Paraná presentó caudales

máximos en primavera-verano, como por ejemplo en octubre de 2014, con valores cercanos a los $25000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en el Puerto de Corrientes, la turbidez, transparencia y conductividad estimadas en ambas márgenes fueron muy similares. Esto evidenciaría un nivel de dilución del caudal proveniente del río Paraguay tal que permite suponer que en el eje Corrientes-Antequera la masa hídrica sea relativamente homogénea cuando más del 90% del caudal total proviene del alto Paraná. Este marcado nivel de dilución se acentuaría por el efecto tapón que ejerce el Paraná en creciente sobre el Paraguay a la altura de la confluencia. En dichas circunstancias, la velocidad de corriente del río Paraguay disminuye y su nivel hidrológico comienza a elevarse por dicho efecto, determinando que las descargas del río Paraguay sean muy bajas y que el ictioplancton que deriva por este río demore su llegada a la zona de la confluencia.

4.7. FENOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

Gran parte de las especies de peces de agua dulce exhiben ciclos reproductivos estacionales relacionados con condiciones ambientales favorables que maximizan la fertilización del huevo y el desarrollo de la descendencia (Baumgartner *et al.*, 2008; Suzuki *et al.*, 2009). Tales ciclos en regiones tropicales y subtropicales probablemente estén determinados por varios factores ambientales: calidad de agua, nutrientes, disponibilidad de alimentos y fotoperíodo (Vlaming, 1972; Lowe-McConnell, 1987; Bye, 1989; Munro, 1990; Vazzoler, 1996; Fernandes *et al.*, 2009). Estos factores aceleran o ralentizan el proceso reproductivo y pueden afectar la incubación de los huevos, el desarrollo de las larvas, el crecimiento y la supervivencia (Ciechomski, 1966; Korwin-Kossakowski, 1989; Nakatani *et al.*, 2001).

Los datos obtenidos de las variaciones temporales del ictioplancton entre 2012 y

2015, muestran una clara confirmación de la hipótesis que plantea que la estacionalidad de los mayores eventos reproductivos durante cada ciclo anual está regulada por la temperatura del agua. La estacionalidad estaría regulada principalmente por la temperatura del agua, con valores máximos de ictioplancton en deriva entre 25 y 31 °C. Por fuera de las estaciones cálidas, las densidades de huevos y larvas de peces fueron casi nulas, más allá de la ocurrencia de crecientes que hubieran podido estimular a los reproductores de las diferentes especies (Figuras 35 y 36). Las variaciones temporales de larvas de los cuatro grupos de interés en Corrientes y Puerto Antequera también se encontraron durante las estaciones de primavera-verano, relacionados a incrementos del caudal del río Paraná. Buena parte de las larvas capturadas sobre la margen derecha tuvieron mayor afinidad con los incrementos del caudal los ríos Paraguay y Bermejo. Dichos resultados son coherentes con la hipótesis que sostiene que la reproducción está sincronizada por el incremento en el nivel hidrológico durante las estaciones de primavera y verano. Esto también se ha observado en varios estudios, en el Paraná medio e inferior, durante distintos periodos de muestreo, vinculando el aumento de larvas de peces capturadas con incrementos del nivel hidrométrico (Fuentes *et al.*, 1998, 2016). Es relevante destacar que durante el período de muestreos se registraron dos crecientes importantes en invierno generadas por aumentos en el nivel en la cuenca superior de los ríos Paraná y Paraguay, las que no se asociaron con la presencia de larvas en las muestras, lo que indica que en dicho periodo del año, los peces adultos no se encontraban en estadios de maduración avanzada, condición necesaria para que los incrementos de caudal y/o precipitaciones puedan ser efectivos para estimular los desoves.

El presente trabajo de tesis no aborda el proceso de reclutamiento de peces juveniles que se desencadenaría *a posteriori* de la dispersión de larvas por los cursos

principales. Sin embargo, cabe mencionar que el éxito de los diferentes eventos reproductivos registrados en el período estudiado no depende solo de la abundancia de huevos y larvas producidos, sino que se relaciona además con la posibilidad de que las larvas de peces puedan alcanzar el valle de inundación y desarrollarse durante sus primeros meses de vida para generar un reclutamiento exitoso, como lo observado en *Prochilodus lineatus*, en una sección del Paraná inferior (Lozano *et al.*, 2019). Si bien es posible que en el río Paraguay existan áreas de cría asociadas a los ambientes del valle de inundación, es importante mencionar que el régimen estacional de dicho río se caracteriza por crecientes en otoño–invierno y períodos de aguas bajas en primavera–verano, momentos en que se reproducen la mayoría de las especies objetivo de la pesquería (Espinach Ros *et al.*, 1992). Si el río Paraná estuviera bajo, el escurrimiento del río Paraguay sería muy rápido, y aquellas larvas que no pudieran ingresar al valle de inundación asociado al Paraguay tendrían pocas chances de encontrar sitios adecuados para su desarrollo en el Paraná, con lo que sus chances de sobrevivir disminuirían considerablemente. Por el contrario, si el río Paraná presentara niveles hidrológicos medios o altos, las larvas aportadas desde el río Paraguay tendrían mayor probabilidad de alcanzar el valle de inundación aguas abajo de la confluencia, incrementando en gran medida las posibilidades de desarrollarse al obtener refugio y alimento. Las crecientes de los ríos Paraguay, Bermejo o Pilcomayo, que serían fundamentales para estimular la reproducción en dichas cuencas, tendrían una incidencia muy baja en lo que al reclutamiento se refiere si ocurrieran en un período en que el Paraná se encuentre bajo y encajonado (Espinach Ros *et al.*, 1992).

4.8. RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos surge la necesidad de avanzar en lo que concierne a la modificación de algunos aspectos metodológicos. A continuación, se sugieren una serie de recomendaciones para la realización de trabajos futuros:

- 1- Es necesario explorar con mayor profundidad el ictioplancton de diferentes sitios en el río Paraná, aguas arriba y abajo de la zona de confluencia con el río Paraguay; y en el río Paraguay, aguas arriba y abajo de la confluencia de los ríos Bermejo y Pilcomayo.
- 2- Procurar el aumento de la resolución temporal de los muestreos en todos los puntos seleccionados, a fin de obtener información más detallada sobre los eventos reproductivos de los grupos de larvas de peces de interés, su relación con la hidrología de los ríos Paraná y Paraguay.
- 3- Mejorar la capacidad de identificación de estadios tempranos de larvas de peces con la ayuda de desoves de ejemplares adultos, captura de larvas y cría en laboratorio.
- 4- Utilizar técnicas de análisis molecular, para obtener información detallada de la composición a nivel de familia, género o incluso especie, no solo de larvas que no pueden ser identificadas, sino también de huevos de peces en deriva.

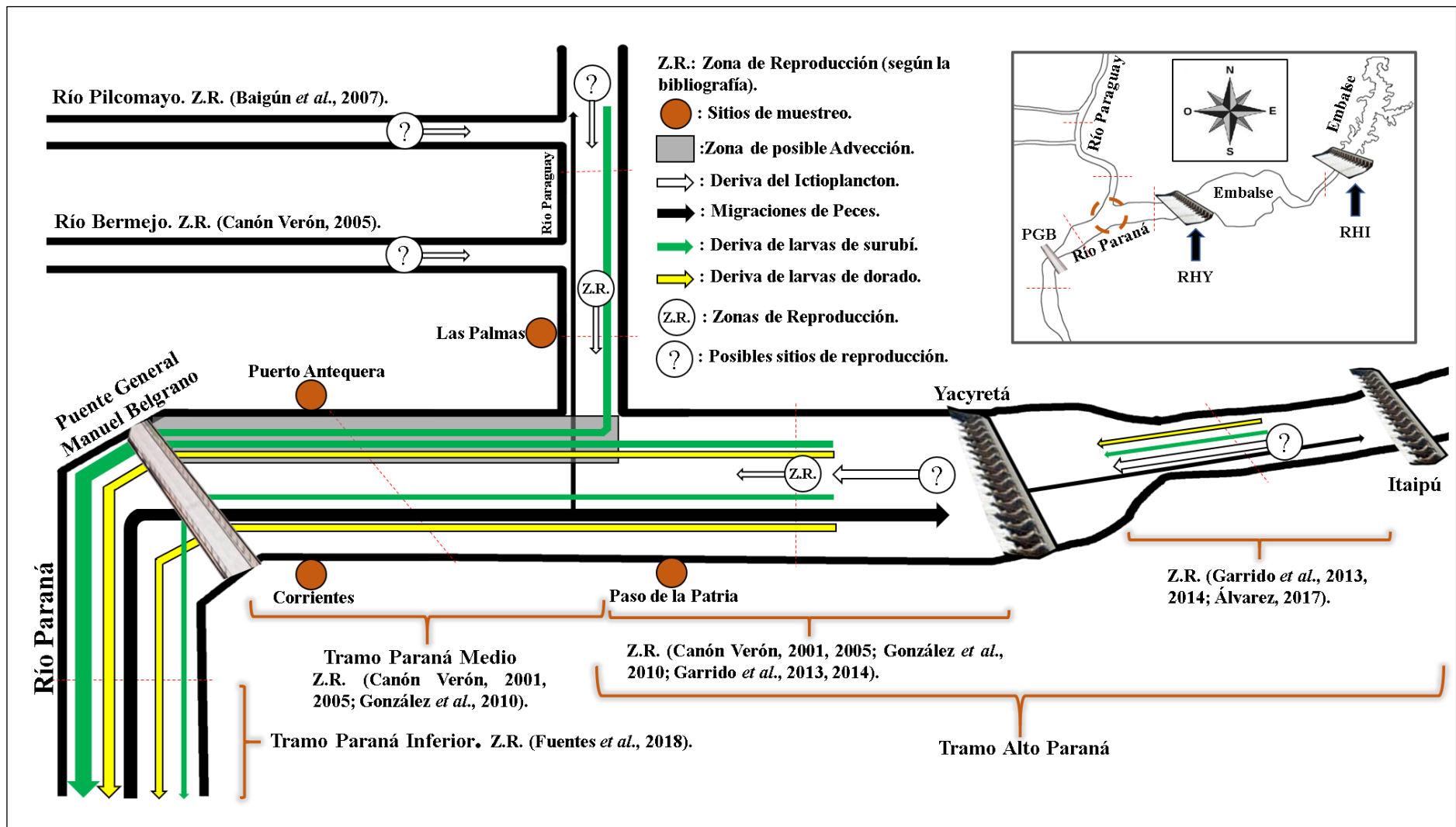


Figura 49. Esquema de la deriva del ictioplancton en distintas zonas de la cuenca del río Paraná y Paraguay. Deriva de larvas de dorado (flechas amarillas). Deriva de larvas de surubí (flechas verdes). Deriva de huevos y larvas de peces en general (flechas blancas). Migraciones ascendentes de especies migratorias (flechas negras). Zona de posible advección (rectángulo gris).

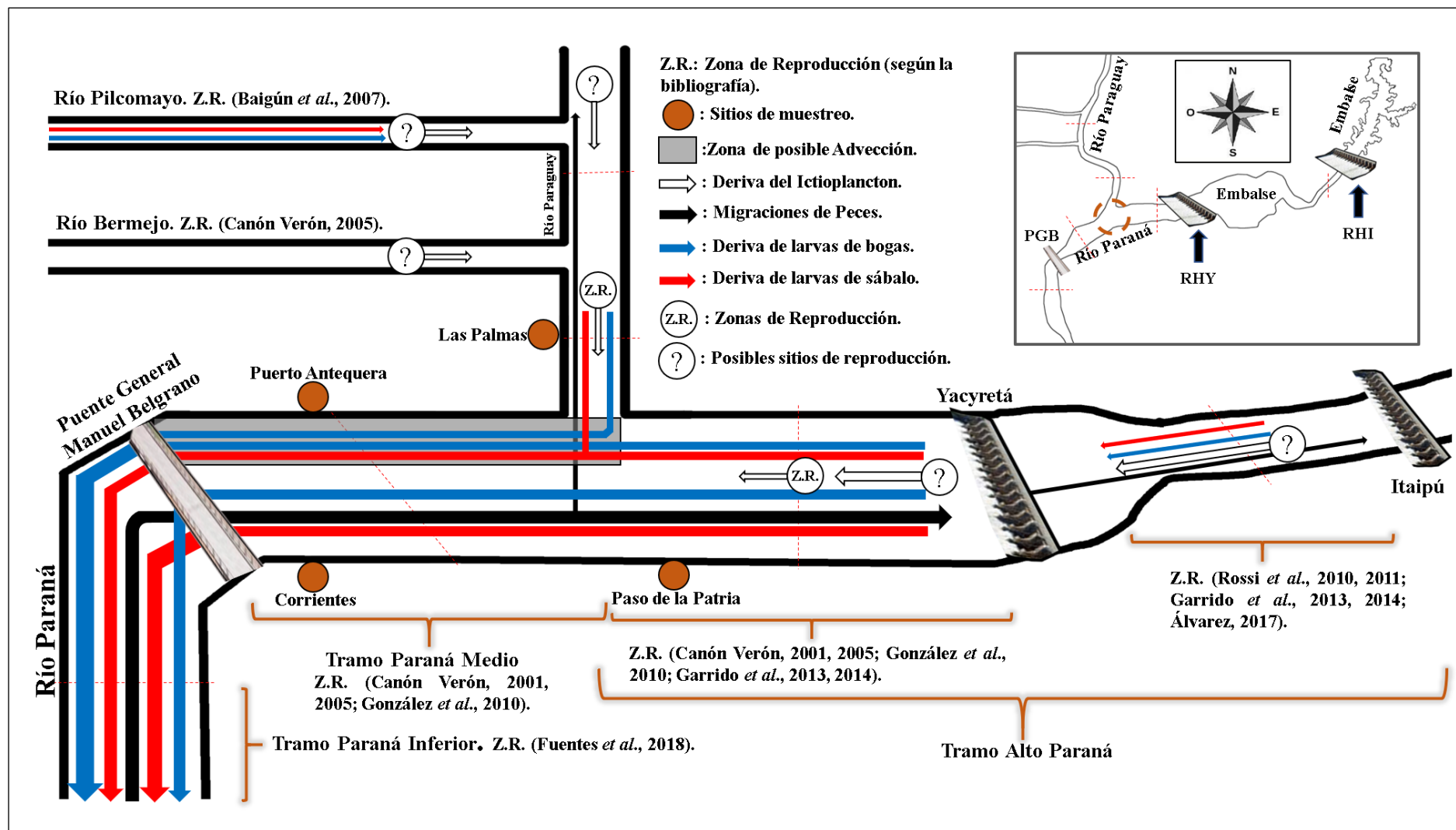


Figura 50. Esquema de la deriva del ictioplancton en distintas zonas de la cuenca del río Paraná y Paraguay. Deriva de larvas de bogas (flechas azules). Deriva de larvas de sábalo (flechas rojas). Deriva de huevos y larvas de peces en general (flechas blancas). Migraciones ascendentes de especies migratorias (flechas negras). Zona de posible advección (rectángulo gris).

5. – CONCLUSIONES

En el presente estudio se encontró evidencia de que las zonas próximas a los sitios de muestreo, tanto en el río Paraná como en el río Paraguay, son áreas de reproducción independientes para especies de interés como el surubí, el sábalo y las bogas. La reproducción de dorado solo pudo evidenciarse en el alto Paraná.

Dada la diferencia de caudal, se postula que posiblemente el aporte de larvas de peces en general y de especies de interés como el dorado en particular en el tramo libre de represamientos del alto Paraná aguas abajo de Yacyretá son superiores a los generados en el río Paraguay.

La reproducción de los peces ocurrió principalmente en el periodo comprendido entre septiembre y marzo, asociada a incrementos hidrométricos y en ocasiones también a precipitaciones abundantes ocurridas aguas arriba; por el contrario, dichas condiciones no estimularon la reproducción durante los dos inviernos muestreados.

Los resultados presentados en este trabajo de investigación pueden ser útiles para la toma de decisiones futuras orientadas al manejo y la conservación de los recursos ícticos vinculados con el cuidado de las posibles zonas de desoves susceptibles a las alteraciones antrópicas.

6. – BIBLIOGRAFÍA

- Agostinho, A. A.; Vazzoler, A. E. A. de M.; Gomes, L. C. y Okada, E. K.** (1993 a). 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, Brazil. *Revue d’Hydrobiol. Tropicale* 26(1), 79–90.
- Agostinho, A.A.; Vazzoler, A.E.A. de M. y Thomaz, S.M.** (1995) The high Paraná River basin: limnological and ichthyological aspects. In: Tundisi, J.G., Bicudo, C.E.M. and Matsumura-Tundisi, T. (eds.), *Limnology in Brazil*. Brazilian Academy of Science/Brazilian Limnological Society, Rio de Janeiro, Brazil, 59–104.
- Agostinho, A. A. y Zalewski, M.** (1996) A planície alagável do alto Rio Paraná: importância e preservação (Upper Paraná River floodplain: Importance and Preservation). EDUEM, Maringá. Brazil, 100 pp.
- Agostinho, A. A.; Thomaz, S. M.; Minte-Vera, C. V. y Winemiller, K. O.** (2000). Biodiversity in the high Paraná River floodplain. In: Gopal, B., Junk, W.J. and Davis, J.A. (eds.), *Biodiversity in Wetlands: Assessment, Function and Conservation*. The Netherlands Backhuys Publishers, Leiden, 89–118.
- Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. y Zalewski, M.** (2001). The importance of floodplains for the dynamics of fish communities of the upper river Paraná. *International Journal of Ecohydrology & Hydrobiology*, Warsaw, v.1, no.1-2, p.209-217.
- Agostinho, A. A. y Gomes, L. C.** (2002). Biodiversity and fisheries management in the Paraná river basin: successes and failures. *Blue Millennium–World Fisheries Trust CRDI-UNEP*. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.
- Agostinho, A. A.; Gomes, L. C.; Fernandez, D. R. y Suzuki, H. I.** (2002). Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. *River Research and Applications*, 18(3), 299-306.
- Agostinho, A. A.; Mendes V. P.; Suzuki H. T. y Canzi C.** (1993 b). Avaliação da atividade reprodutiva da comunidade de peixes dos primeiros quilômetros a jusante do reservatório de Itaipu. *Revista Unimar* 15 (Suppl.). 175–189.
- Agostinho, A. A.; Gomes, L. C.; Suzuki, H. I. y Júlio, H. F., Jr.** (2003). Migratory fishes of the Upper Paraná River basin, Brazil. In J. Carolsfeld, B. Harvey, C. Ross, y A. Baer (Eds.), *Migratory fishes of South America: biology, fisheries, and conservation status* (pp. 19–99). Victoria, BC, Canada: World Fisheries Trust.
- Agostinho, A. A.; Thomaz, S. M. y Gomes, L. C.** (2004). Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *International Journal of Ecohydrology & Hydrobiology*, 4(3), 267-280.

Agostinho, A. A.; Marques, E. E.; Agostinho, C. S.; Almeida, D. A. D.; Oliveira, R. J. D. y Melo, J. R. B. D. (2007 a). Fish ladder of Lajeado Dam: migrations on one-way routes? *Neotropical Ichthyology*, 5(2), 121-130.

Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. y Pelicice F. M. (2007 b). Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: Eduem. 260 pp.

Agostinho, A. A.; Pelicice, F. M. y Gomes, L. C. (2008). Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian journal of biology*, 68(4), 1119-1132.

Agostinho, A. A.; Gomes, L. C.; Santos, N. C.; Ortega, J. C. y Pelicice, F. M. (2016). Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research*, 173, 26-36.

Aichino, D. R.; Capli, J. J.; Garrido, G. G.; Alvarez, A.; Vilte, G. A.; Benites, M. F. y Garcia, E. M. (2012) Evaluación De Recursos Pesqueros Aguas Arriba. Informe Final. Convenio XV, EBY– UNaM. 241 pp.

Almirón, A.; Casciotta, J.; Ciotek, L. y Giorgis, P. (2015). Guía de los Peces del Parque Nacional Pre-delta (2008). APN Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina. 216 pp.

Álvarez, A. (2017). Patrones de Distribución y Uso de Hábitat del Ictioplancton del Alto Paraná en el Área de Influencia de la Represa de Yacyretá. Tesis Doctoral. 120 pp.

Andrade, F. F.; Lima, A. F.; Assumpção, L.; Makrakis, S.; Kasai, R. I. y Makrakis, M. C. (2016). Characterization of the early development of *Pseudoplatystoma reticulatum* Eigenmann y Eigenmann, 1889 (Siluriformes: Pimelodidae) from the Paraguay River Basin. *Neotropical Ichthyology*, 14(2). 14 pp.

Antonio, R. R.; Agostinho, A. A.; Pelicice, F. M.; Bailly, D.; Okada, E. K. y Dias, J. H. P. (2007). Blockage of migration routes by dam construction: can migratory fish find alternative routes? *Neotropical Ichthyology*, 5(2), 177-184.

Araya, P.; Hirt, L. y Flores, S. (2003). Biología reproductiva y crecimiento de *Pimelodus clarias maculatus* (Lac. 1803)(Pisces, Pimelodidae) en la zona de influencia del embalse Yacyretá. *Ecología Austral*, 13(1), 83-95.

Araya, P.; Hirt, L. y Flores, S. (2018). Algunos aspectos de la pesquería artesanal en el área de influencia del embalse Yacyretá. alto río Paraná, Misiones, Argentina. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35(2), 227-238.

Arbault, S. y Boutin, N. (1968). Ichthyoplancton oeufs et larves de poissons teleosteens dans le Golfe de Gascogne en 1964. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes*, 32(4), 413-476.

Baigún, C. y Oldani, N. (2005). Impactos ecológicos de represas en ríos de la porción inferior de la cuenca del Plata: escenarios aplicados a los recursos pesqueros. J. Peteán, y J. Cappato, Humedales fluviales de America del Sur. Hacia un manejo sustentable, 449-474.

Baigun, C. R.; Neiff, J. J. y Verón, M. B. C. (2007). Ictioplancton en el Río Pilcomayo. Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo. Informe Final. 62 pp.

Baigún, C.; Oldani, N. y Van Damme, P. (2011). Represas hidroeléctricas en América Latina y su impacto sobre la ictiofauna. Peces de la Amazonía boliviana: potencialidades y amenazas. Ed. Inia, Cochabamba, Bolivia, 397-416. 490 pp.

Baker, J. A.; Kasul, R. L.; Kilgore, K. J. y Sanders, L. G. (1989). Fisheries Investigation on the Lower White River, Arkansas (No. WES/TR/EL-89-9). US Army Corps of Engineer, Waterways Experiment Station. 54 pp.

Barnthouse, L. W.; Cannon, J. B. y Christensen, S. G. (1977). Selective analysis of power plant operation on the Hudson River with emphasis on the Bowline Point Generating Station. Volume 2. [Multiple impact of power plant once-through cooling systems on fish populations] (No. ORNL/TM-5877/V2). Oak Ridge National Lab., TN (USA). 320 pp.

Barros, V. (2013). Escenarios Hidrológicos de Caudales Medios del Río Paraná y Uruguay. Serie Medio Ambiente y Desarrollo N°154. CEPAL. 55 pp.

Barzotto, E.; Sanches, P. V.; Bialezki, A.; Orvati, L. y Gomes, L. C. (2015). Larvae of migratory fish (Teleostei: Ostariophysi) in the lotic remnant of the Paraná River in Brazil. *Zoologia (Curitiba)*, 32(4), 270-280.

Baumgartner, G.; Nakatani, K.; Cavicchioli, M. y Baumgartner, M. D. S. T. (1997). Some aspects of the ecology of fish larvae in the floodplain of the high Paraná river, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14(3), 551-563.

Baumgartner, M. S. T.; Nakatani, K.; Baumgartner, G. y Makrakis, M. C. (2003). Spatial and temporal distribution of "curvina" larvae (*Plagioscion squamosissimus* HECKEL, 1840) and its relationship to some environmental variables in the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(3), 381-391.

Baumgartner, G.; Nakatani, K.; Gomes, L. C.; Bialezki, A. y Sanches, P. V. (2004). Identification of spawning sites and natural nurseries of fishes in the Upper Paraná River, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 71(2), 115-125.

Baumgartner, G.; Nakatani, K.; Gomes, L. C.; Bialezki, A.; Sanches, P. V. y Makrakis, M. C. (2008). Fish larvae from the upper Paraná River: do abiotic factors affect larval density? *Neotropical Ichthyology*, 6(4), 551-558.

Bialetzki, A.; Sanches, P. V.; Cavicchioli, M.; Baumgartner, G.; Ribeiro, R. P. y Nakatani, K. (1999). Drift of ichthyoplankton in two channels of the Paraná River, between Paraná and Mato Grosso do Sul States, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 42(1), 53-60.

Bialetzki, A.; Nakatani, K.; Sanches, P. V. y Baumgartner, G. (2002). Spatial and temporal distribution of larvae and juveniles of *Hoplias aff. malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae) in the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 62(2), 211-222.

Bonetto, A. A. (1976) Calidad de las aguas del río Paraná. Introducción a su estudio ecológico. Corrientes, Argentina, Instituto Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables Instituto de Ciencias y Técnica Hídrica. 202 pp.

Bonetto, A. A.; Canon Veron, M. y Roldán, D. (1981). Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de peces en el río Paraná. *Ecosur*, 8 (s16), 29-40.

Bonetto, A. A. y Wais, I. R. (1990). El concepto de “pulso de inundación” en relación a las planicies aluviales del sistema fluvial Paraná-Paraguay. *Ecosur*, 16 (27), 85-98.

Bonetto, A. A. (1994). Austral rivers of South America. En: R. Margalef (ed.) *Limnology Now*, Elsevier Science B.V, Amsterdam, The Netherlands: 425-472.

Bye, V. J. (1989). The role of environmental factors in the timing of reproductive cycles. Pp 187-205. In: Potts, G. W. y R. J. Wootton (Eds.). *Fish reproduction: strategies and tactics*. London, Academic Press, 410 pp.

Cada, G. F.; Suffern, J. S.; Kumar, K. D. y Solomon, J. A. (1980). Investigations of Entrainment Mortality Among Larval and Juvenile Fishes Using a Power Plant Simulator. Oakridge National Research Laboratory. Environmental Sciences Division Publication No. 1534. 30 pp.

Canon Veron, M. (2001). Distribución temporal y espacial del ictioplancton en los Ríos Paraná, Paraguay y Bermejo. En *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas (UNNE)*. B055. Secretaría General de Ciencia y Técnica. Corrientes, Argentina. 4 pp.

Canon Veron, M. B. (2005). Patrones de Distribución y Abundancia de los Peces en el Sistema de Confluencia de los Ríos Paraná y Paraguay. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 109 pp.

Carter, H. H.; Schubel, J. R.; Wilson, R. E., y Woodhead, P. M. J. (1979). Thermally induced biological effects caused by once-through cooling systems: A rationale for evaluation. *Environmental Management*, 3(4), 353-368.

Casciotta, J. R.; Almirón, A. E.; Ciotek, L.; Giorgis, P.; Říčan, O.; Lubomír, P.; Dragová, K.; Croci, Y.; Montes, M.; Iwaszkiw, J. y Puentes, A. (2016). Visibilizando

lo invisible: Un relevamiento de la diversidad de peces del Parque Nacional Iguazú, Misiones, Argentina. *Historia Natural*. 6: 5-77.

Castillo, J.; Cortez, K.; Wong, A. y Villalpando, P. (2007). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica (Canonical correlation analysis and scientific research). *Innovaciones de Negocios*, 4(8), 405-422.

Cerutti, J. C.; Roux, J. P.; Aichino, D. R. y Sánchez, S. (2021). Evaluación Histórica de la Ictiofauna Transferida por las Instalaciones para Peces de la Central Hidroeléctrica Yacyretá, Periodo 2013-2020. Convenio EBY-UNNE-UNAM. Posadas, Misiones, Argentina: 87 pp.

Ciechomski, J. D. (1966). Influence of some environmental factors upon the embryonic development of the argentine anchovy *Engraulis anchoita* (Hubbs, Marini). *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*. 11:67-71.

COMIP. (1994). La Fauna Íctica del Río Paraná. Tramo Argentino-Paraguayo. 256 pp.

Corrêa, R. N.; Hermes-Silva; S., Reynalte-Tataje, D. y Zaniboni-Filho, E. (2011). Distribution and abundance of fish eggs and larvae in three tributaries of the Upper Uruguay River (Brazil). *Environmental Biology of Fishes*, 91(1), 51-61.

Daga, V. S.; Gogola, T. M.; Sanches, P. V.; Baumgartner, G.; Baumgartner, D.; Piana, P. A. y Delariva, R. L. (2009). Fish larvae assemblages in two floodplain lakes with different degrees of connection to the Paraná River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 7(3), 429-438.

Daniel, W. W. (1978). *Applied nonparametric statistics*. Houghton Mifflin. 510 pp.

Da Silva, P. S.; Makrakis, M. C.; Miranda, L. E., Makrakis, S., Assumpção, L., Paula, S., Dias, J. H. P. y Marques, H. (2015). Importance of reservoir tributaries to spawning of migratory fish in the upper Paraná River. *River research and applications*, 31(3), 313-322.

De Castro, R. J.; Nakatani, K., Bialetzki, A., Sanches, P. V. y Baumgartner, G. (2002). Temporal distribution and composition of the ichthyoplankton from Leopoldo's Inlet on the upper Paraná River floodplain (Brazil). *Journal of Zoology*, 256(04), 437-443.

De Mérona, B., Dos Santos, G. M. y De Almeida, R. G. (2001). Short term effects of Tucuruí Dam (Amazonia, Brazil) on the trophic organization of fish communities. *Environmental Biology of Fishes*, 60(4), 375-392.

De Sylva, D. P., Shuster, C. N. y Kalber, F. A. (1962). *Fishes and ecological conditions in the shore zone of the Delaware River estuary: with notes on other species collected in deeper water*. University of Delaware Marine Laboratories Information Series. University of Delaware, Newark, Delaware. 164 pp.

Domitrovic, H. A.; Bechara, J. A.; Jacobo, W. R.; Flores Quintana, C. I. y Roux, J. P. (1994). Mortandad de peces en el río Paraná provocada por una sobresaturación de gases. *Revista de Ictiología*, 23: 49-54.

Drago, E. C.; De Drago, I. E.; Oliveros, O. B. y Paira, A. R. (2003). Aquatic habitats, fish and invertebrate assemblages of the Middle Paraná River. *Amazoniana*, 17(3), 291-341.

Drago, E. C.; Paira, A. R. y Wantzen, K. M. (2008). Channel-floodplain geomorphology and connectivity of the Lower Paraguay hydrosystem. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8(1), 31-48.

Espinach Ros, A.; Muñoz, E. y Simonet, F. (1992). FAO. Planificación y fortalecimiento institucional para el desarrollo de la pesca. Relevamiento pesquero del río Paraguay. Asunción, Paraguay. Documento de campo N°1. 106 pp.

Fernandes, R.; Agostinho, A. A.; Ferreira, E. A.; Pavanelli, C. S.; Suzuki, H. I.; Lima, D. P. y Gomes, L. C. (2009) Effects of the hydrological regime on the ichthyofauna of riverine environments of the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, 69, 669-680.

Fuentes, C. M.; Demonte, L. D. y Esposti, M. F. (1998). Temporal variation of main channel ichthyoplankton at the end of middle Paraná river. *Revista de ictiología*, 6(1/2), 57-64.

Fuentes, C. M. y Quirós, R. (1988). Variación de la composición de la captura de peces en el río Paraná, durante el período 1941-1984.

Fuentes, C. M. (1998). Deriva de larvas de Sabalo, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847) y otras especies de peces de interés comercial, en el Río Paraná Inferior. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Fuentes, C. M. y Espinach Ros, A. E. (1998). Distribución espacial y temporal del ictioplancton en un punto del bajo delta del río Paraná. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia*, 51-61.

Fuentes, C. M. y Espinach Ros, A. E. (2005). Variación de la actividad reproductiva del sábalo, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847), estimada por el flujo de larvas en el río Paraná Inferior. *Natura Neotropicalis*, 1(29), 25-32.

Fuentes, C. M.; Gómez, M. I.; Salva, J.; Brown, D. R. y Espinach Ros, A. (2014). Reproducción de peces migratorios. Índices de abundancia larval (IAL). Programa de Conservación de la Fauna Íctica y los Recursos Pesqueros del Río Uruguay. CARU-DINARA-DPC. Informe Bienio 2010-2011.

Fuentes, C. M.; Gómez, M. I.; Brown, D. R.; Arcelus, A. y Espinach Ros, A. (2016). Downstream passage of fish larvae at the Salto Grande dam on the Uruguay River. *River Research and Applications*, 32(9), 1879-1889.

Fuentes, C. M.; Lozano, I. E. y Vegh, S. L. (2018). Actividad reproductiva de peces migratorios estimada a través del flujo de larvas. Índices de abundancia larval (IAL). Períodos 2014-2015 y 2015-2016, y análisis en retrospectiva 2008-2016. Informe Técnico del Programa de Conservación de la Fauna Íctica y de los Recursos Pesqueros del Río Uruguay. 75 pp.

García, O. (1999). Principales características de la central hidroeléctrica de Yacyretá, Argentina, y de los ambientes de su área de influencia en relación con los programas de evaluación de la fauna íctica. *Revista de Ictiología*, 7, 5-14.

Garrido, G.G.; Álvarez, A. y Balatti, C. (2013). Evaluación del ictiopláncton en el Área de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Informe Final. Convenio Específico XVI. EBY-FCEQyN, UNaM. 70 pp.

Garrido, G.G.; Álvarez, A. y Balatti, C. (2014). Evaluación del Ictiopláncton en el Área de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Informe Final. Convenio Específico XVII. EBY-FCEQyN, UNaM. 69 pp.

Gogola, T. M.; Daga, V. S.; Da Silva, P. R.; Sanches, P. V.; Gubiani, É. A.; Baumgartner, G. y Delariva, R. L. (2010). Spatial and temporal distribution patterns of ichthyoplankton in a region affected by water regulation by dams. *Neotropical Ichthyology*, 8(2), 341-349.

Gomes, L. C. y Agostinho, A. A. (1997). Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the curimba, *Prochilodus scrofa*, Steindachner, in upper Parana river, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*. 4, 263-274.

González, A. O.; Roux, J. P.; Hernández, D. R. y Sánchez, S. (2010). Variación Espacio-temporal del Ictioplancton en un Tramo del Río Paraná. *Interciencia*, 35(12), 916-920.

Gore, K. L.; Thomas, J. M.; Kannberg, L. D.; Mahaffey, J. A. y Waton, D. G. (1976). Evaluation of Haddam Neck (Connecticut Yankee) Nuclear Power Plant, environmental impact prediction, based on monitoring programs (No. BNWL--2151). Battelle Pacific Northwest Labs. 291 pp.

Gubiani, E. A.; Gomes, L. C.; Agostinho, A. A. y Okada, E. K. (2007). Persistence of fish populations in the upper Paraná River: effects of water regulation by dams. *Ecology of freshwater fish*, 16(2), 191-197.

Greges, M. P. y Schubel, J. R. (1979). Thermal Resistance of Weakfish Eggs and Larvae. Marine Sciences Research Center, State University of New York. Special Report 22. 48 pp.

Hempel, G. (1973). On the use of ichthyoplankton surveys. FAO Fish. tech. Pap, 122, 1-2.

Hermes-Silva, S.; Reynalte-Tataje, D. y Zaniboni-Filho, E. (2009). Spatial and temporal distribution of ichthyoplankton in the upper Uruguay river, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology, 52(4), 933-944.

Hjort, J. (1914). Fluctuations in the Great Fisheries of Northern Europe. Rapports to the International Conseil Pour L'Exploration de la Mer, pp. 1-228.

Holland, L.; Huff, D.; Littlejohn, S. y Jacobson, R. (1984). Analysis of existing information on adult fish movements through dams on the Upper Mississippi River. Report to the St. Paul District. US Army Corps of Engineers. US Fish and Wildlife Service, National Fisheries Research Laboratory, La Crosse, Wisconsin. 193 pp.

Iriondo, M. H.; Paggi, J. C. y Parma, M. J. (Eds.). (2007). The Middle Paraná River: limnology of a subtropical wetland. Springer Science & Business Media. 382 pp.

Joseph, E. B.; Massmann, W. H. y Norcross, J. J. (1960). Investigations of inner continental shelf waters off lower Chesapeake Bay. Chesapeake Science, 1(3-4), 155-167.

Junk, W. J.; Bayley, P. B. y Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: Doge DP (ed) Proceedings of the International Large River Symposium. Can Spec Publ Fish Aquat Sci 106:110-127.

Kanehl, P. D.; Lyons, J. y Nelson, J. E. (1997). Changes in the habitat and fish community of the Milwaukee River, Wisconsin, following removal of the Woolen Mills Dam. North American Journal of Fisheries Management, 17(2), 387-400.

Kendall, Jr. A. W.; Ahlstrom, E. H. y Moser H. G. Early life history stages of fishes and their characters. In: **Moser, H. G.; Richards, W. J.; Cohen, D. M.; Fahay, M. P.; Kendall, Jr. A. W. y Richardson, S. L.** (1984). Ontogeny and systematics of fishes: based on International Symposium dedicated to the memory of Elbert Halvor Ahlstrom. Lawrence: American Society of Ichthyologists and Herpetologists, p. 11-22. (Special publication/American Society of Ichthyologists and Herpetologists, no. 1).

Korwin-Kossakowski, M. (1989). Larval development of carp, *Cyprinus carpio* L., in acidic water. Journal of Fish Biology, 32:17-26.

Larinier, M. (2001). Environmental issues, dams and fish migrations. In: Marmulla, G. (Ed.). Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO Fisheries Technical Paper, No 419, 45-90.

Latrubesse, E. (2008). Patterns of anabranching channels: the ultimate endmember adjustment of mega rivers. *Geomorphology* 101: 130–145.

Lisovenko, L. A. (1964). Raspredelenie lichinok tikhookeanskogo morskogo okunya *Sebastes alulus* Gilbert v zalive Alyaska (Distribution of the larvae of rockfish (*Sebastes alulus* Gilbert) in the Gulf of Alaska). Tr. Vses. Nauchno-issled. Inst. Morsk. Rybn. Khoz. Okeanogr, 1964, vol. 53, p. 223-231.

Littmann, M. W. (2007). Systematic review of the neotropical shovelnose catfish genus *Sorubim* Cuvier (Siluriformes: Pimelodidae). *Zootaxa*, 1422(1), 1-29.

Llamazares, V. S.; Lozano, I. E.; Diaz, M. V.; Gómez, M. I., Sánchez, S. y Fuentes C. M. (2021) Effects of feeding condition on the morphology, behaviour and nutritional status of *Prochilodus lineatus* early larvae during downstream drift: a laboratory experiment approach. *Marine and Freshwater Research* 72, 1329-1339.

Lozano, I. E.; Llamazares Vegh, S.; Gómez, M. I.; Piazza, Y. G.; Salva, J. L. y Fuentes, C. M. (2019). Episodic Recruitment of Young *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) During High Discharge in a Floodplain Lake of the River Paraná, Argentina. *Fisheries Management and Ecology*, 26(3), 260-268.

Lowe-McConnell, R.H. (1987). *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press, Cambridge, England, 382 pp.

Lowe-McConnell, R. H. (1999). *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: EDUSP. 534 pp.

Machado-Allison, A. (1990). Ecología de los peces de las áreas inundables de los llanos de Venezuela. *Interciencia* 15(6), 411–421.

Makrakis, S.; Gomes, L. C.; Makrakis, M. C.; Fernandez, D. R. y Pavanelli, C. S. (2007). The Canal da Piracema at Itaipu Dam as a fish pass system. *Neotropical Ichthyology*, 5(2), 185-195.

Mandelburger, D. (2017). Acta de reunión del Consejo Asesor Binacional del Convenio sobre Conservación y Desarrollo de los Recursos Ícticos en los Tramos Limítrofes de los Ríos Paraná y Paraguay. Agosto de 2017. Encarnación. Paraguay. Anexo: Estadísticas de Capturas de Pesca Comercial de la Localidad de Ayolas. 3 pp.

Manetta, G. I.; Bialecki, A.; Martinelli, L. A. y Benedito, E. (2011). Variability in the trophic position of larval fishes in the upper Paraná floodplain based on $\delta^{15}\text{N}$. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(2), 567-574.

Mantero, G. y Fuentes, C. M. (1997). Huevos y larvas de peces. Espinach Ros A. y C. Ríos (editores), 1997. Conservación de la fauna íctica en el Embalse de Salto Grande.

Publicación conjunta Comisión Administradora del Río Uruguay-Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, 15-26.

Mansueti, R. J. (1964). Eggs, larvae, and young of the white perch, *Roccus americanus*, with comments on its ecology in the estuary. *Chesapeake Science*, 5(1-2), 3.

Marquez, A.; Tourinho, J. L.; Errico, E. y Pereira, A. N. (2018). Evaluating the presence of interspecific hybrids of the sorubims *Pseudoplatystoma corruscans* and *Pseudoplatystoma reticulatum* in the middle and inferior Paraná and Uruguay rivers using genetic markers. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28(6), 1476-1480.

Martin, W. R. y Jean, Y. (1964). Winter cod taggings off Cape Breton and on offshore Nova Scotia banks, 1959–62. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 21(2), 215-238.

Meichtry de Zaburlin, N.; Peso, J. y Araya, P. (2013). Humedales del Embalse de Yacyretá y Ambientes Asociados (pág: 113–122) En: *Inventario de los Humedales de Argentina. Sistemas de Paisajes de Humedales del Corredor Fluvial Paraná-Paraguay*, Proyecto GEF 4206, PNUD/ARG/10/003. Ed. L. Benzaquen *et al.* 1a Edición Buenos Aires. 376 pp.

MINAGRO. (2016). Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Argentina. Ministerio de Agroindustria. Disponible de: <http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/index.php>.

Munro, A. D. (1990). General introduction. In: Munro AD, Scott DAP, Lam TJ (eds) *Reproductive seasonality in teleosts: environmental influences*. CRC, Flórida, pp 1–11.

Nakatani, K.; Agostinho, A. A.; Baumgartner, G.; Bialezki, A.; Sanches, P. V.; Makrakis, M. C. y Pavanelli, C. S. (2001). *Ovos e larvas de peixes de água doce*. Maringá: Eduem. 378 pp.

Nakatani, K.; Bialezki, A.; Galuch, A. V.; Santin, M.; Borges, R. Z.; Kipper, D. y Gomes, L. C. (2003). Monitoramento do ictioplâncton na planície de inundação do alto rio Paraná e utilização do rio Ivinheima (MS) como área de desova e criadouro natural de peixes. En *A planície alagável do rio Paraná: estrutura e processos ambientais: componentes bióticos* (A.A. Agostinho, S.M. Thomaz, L. Rodrigues & L.C. Gomes, coords.). Programa PELD/CNPq, Maringá, 56 pp.

Neiff, J. J. (1990). Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia*, 15(6), 424-441.

Ney, J. J. y Schumacher, P. D. (1978). Assessment of damage to fish larvae by entrainment sampling with submersible pumps. *Environmental Science y Technology*, 12(6), 715-716.

Oldani, N. O. (1990). Variaciones de la abundancia de peces del valle del río Paraná (Argentina). *Rev. Hydrobiol. Trop.* 23 (1): 67-76.

Oldani, N.; Baigún, C. R. y Delfino, R. L. (2002). Consideraciones sobre el funcionamiento de los sistemas de transferencia para peces en las represas de los ríos de la porción inferior de la Cuenca del Plata. *Miscelánea*, 14, 368.

Oldani, N. O.; Iwaszkiw, J. M.; Padín, O. H. y Otaegui, A. (1992). Fluctuaciones de la abundancia de peces en el Alto Paraná (Corrientes, Argentina). *Publicaciones de la Comisión Administradora del Río Uruguay, Série Técnico-Científica*, 1(1), 43-55.

Oldani, N. O.; Baigún, C. R. M.; Nestler, J. M. y Goodwin, R. A. (2007). Is fish passage technology saving fish resources in the lower La Plata River basin? *Neotropical Ichthyology*, 5(2), 89-102.

Orfeo, O. (1995). Sedimentología del río Paraná en el área de confluencia con el río Paraguay. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, 269 pp.

Orsi, M. L.; Almeida, F. S.; Swarça, A. C.; Garcia, A. C.; Garcia, D. A. Z.; Vianna, N. C. y Bialecki, A. (2016). Ovos, larvas e juvenis dos peixes da Bacia do Rio Paranapanema uma avaliação para a conservação. Universidade Estadual de Londrina: Londrina, Brazil. Assis: Triunfal Gráfica e Editora. 136 pp.

Paoli, C. y Schreider, M. (Eds.). (2000). El río Paraná en su tramo medio: contribución al conocimiento y prácticas ingenieriles en un gran río de llanura. Centro de Publicaciones. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fé. Argentina. 610 pp.

Pellicice, F. M. y Agostinho, A. A. (2008). Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. *Conservation Biology*, 22, 180–188.

Pellicice, F. M.; Pompeu, P. S. y Agostinho, A. A. (2015). Large reservoirs as ecological barriers to downstream movements of Neotropical migratory fish. *Fish and Fisheries*, 16(4), 697-715.

Peña, M. I. (2004). Influencia del régimen hidrológico y de la represa Yacyretá sobre la abundancia del surubí pintado (Siluriformes: *Pseudoplatystoma coruscans*) en el río Paraná Medio, Argentina. *Revista ECOLOGICA* 6: 12–16.

Pitt, T. K. (1970). Distribution, abundance, and spawning of yellowtail flounder, *Limanda ferruginea*, in the Newfoundland area of the Northwest Atlantic. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 27(12), 2261-2271.

Pompeu, P. S.; Nogueira, L. B.; Godinho, H. P. y Martinez, C. B. (2011). Downstream passage of fish larvae and eggs through a small-sized reservoir, Mucurí River, Brazil. *Zoologia* 28: 739–746.

Potter, W. (1978). Assessment of the effects of impingement and entrainment on the fish community of the New River, Virginia (Doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University). 188 pp.

Powles, P. M. y Kohler, A. C. (1970). Depth distributions of various stages of witch

flounder (*Glyptocephalus cynoglossus*) off Nova Scotia and in the Gulf of St. Lawrence. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 27(11), 2053-2062.

Quirós, R. (1990). The Parana River Basin development and the changes in the lower basin fisheries. *Interciencia* 15, 442–451.

Quirós, R. (2004). The La Plata river basin: international basin development and riverine fisheries. In *Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries* Vol. 1, N°. 16. 243 pp.

Reutter, J. M. (1976). An environmental evaluation of a nuclear power plant on Lake Erie: some aquatic impacts (Doctoral dissertation, The Ohio State University). 242 pp.

Reynalte-Tataje, D. A.; Agostinho, A. A.; Bialecki, A.; Hermes-Silva, S.; Fernandes, R. y Zaniboni-Filho, E. (2012). Spatial and temporal variation of the ichthyoplankton in a subtropical river in Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 94(2), 403-419.

Roa, B. y García, O. (1992). Sinopsis de la situación de los recursos pesqueros en el alto Paraná misionero. Posadas: Universidad Nacional de Misiones, 47 pp.

Roa, B. y Guillén, R. (1978). La pesca comercial en la provincia de Misiones (Argentina). Posadas: Universidad Nacional de Misiones. 47 pp.

Roa, B. H.; De Lucia, A.; Roncati, H. y Aichino, D. (2002). Evaluación de Recursos Pesqueros Aguas Arriba de la Represa Yacyretá. Informe Anual. Convenio VII, EBY-UNaM, Posadas, 79 pp.

Rossi, L.; Garrido, G. y Fariza, S. (2000). Evaluación del Ictioplancton en el área de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Informe Final. Convenio. EBY-UNaM .56 pp.

Rossi, L.; Garrido, G.; Alvarez, A. y Balatti, C. (2007). Evaluación del ictiopláncton en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Informe Final Convenio específico X. EBY-UNaM. 76 pp.

Rossi, L.; Garrido G.; Alvarez, A. y Balatti, C. (2009). Evaluación del Ictiopláncton en el Área de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Informe final. Convenio específico XII. EBY-UNAM. 78 pp.

Rossi, L.; Garrido G.; Alvarez, A. y Balatti, C. (2010). Evaluación del Ictiopláncton en el Área de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Informe final. Convenio específico XIII. EBY-UNAM. 90 pp.

Rossi, L.; Garrido G.; Alvarez, A. y Balatti, C. (2011). Evaluación del Ictiopláncton en el Área de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Informe final. Convenioespecífico XIV. EBY-UNAM. 84 pp.

Roux, J. P.; Domitrovic, H. A.; González, A. O.; Hernández, D. R.; Barrios, C. E. y Sánchez, S. (2012). Diversidad de peces en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Yacyretá. Evaluación de los Recursos Pesqueros Aguas Abajo de la

Represa de Yacyretá. Informes Técnicos presentados por el Instituto de Ictiología del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias (UNNE) a la Entidad Binacional Yacyretá, Convenio EBY-UNNE. Acta complementaria N°22. Corrientes, Argentina. 106 pp.

Sanches, P. V.; Nakatani, K.; Bialezki, A.; Baumgartner, G.; Gomes, L. C. y Luiz, E. A. (2006). Flow regulation by dams affecting ichthyoplankton: the case of the Porto primavera dam, Paraná River, Brazil. *River Research and Applications*, 22, 555–565.

Sánchez, S.; Hernández, D. R.; Ortíz, J. C., Santinón, J. J., Silva, N. A. y Soneira, P. (2012). Variaciones espaciales de la ictiofauna (riqueza y diversidad) y variaciones de las poblaciones de peces de interés comercial, deportivo y ecológico. Estructura trófica de la ictiofauna. En: Evaluación de los Recursos Pesqueros Aguas Abajo de la Represa Yacyretá. Período 1993-2011. Informe Final presentado por el Instituto de Ictiología del Nordeste de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNNE a la Entidad Binacional Yacyretá. Convenio EBY-UNNE, Acta Complementaria N°28. Corrientes, Argentina. Capítulo 5: 24 pp.

Sánchez, S.; González, A. O.; Ruiz Díaz, F. J.; Santinón, J. J.; Flores Quintana, C. I.; Casciotta, J. R.; Almirón, A. E.; Hernández, D. R.; Silva, N. A.; Barrios, C. E.; Cáceres, A. C.; Ortíz, J. C.; Agüero, C. H.; Guidoli, M. G.; Scippioni, N.; Mendoza, J.A.; Soneira, P.; Lizardo Falcón, S.; Giménez, H. A.; Díaz, J. F.; Moreno, E.; Romero Marano, E. A.; Bertrán, P.; Gómes Gallipoliti, S.; Domitrovic, H. A. y Roux, J. P. (2018). Evaluación de los Recursos Pesqueros Aguas Abajo de la Represa. Informe Final 2018 presentado por el Instituto de Ictiología del Nordeste de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNNE a la Entidad Binacional Yacyretá. Convenio EBY-UNNE, Acta Complementaria N°27. Corrientes, Argentina. 82 pp.

Sánchez, S.; Silva, N. A.; Barrios, C. E.; González, A. O.; Aichino, D. R.; Masin, A. S.; Acosta, J.; Florentín, P.; Rojas, M. T.; Garrido, G. y Roux, J. P. (2019). Evaluación de la pesca recreativa en el río Paraná en tramos compartidos entre Argentina y Paraguay. Informe Final periodo 2017-2018, presentado por el Instituto de Ictiología del Nordeste de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNNE a la Comisión Mixta del Río Paraná. Convenio COMIP-UNNE, Acta Complementaria N° 1. Corrientes, Argentina. 81 pp.

Sanches, P. V.; Gogola, T. M.; Silva, R. O.; Topan, D. A.; Dos Santos Picapedra, P. H. y Piana, P. A. (2020). Arms as areas for larval development of migratory fish species in a Neotropical reservoir and the influence of rainfall over abundances. *Journal of Fish Biology*, 97(5), 1306-1316.

Santos, J. E.D. y Godinho, H. P. (1996). Larval ontogeny and swimming behaviour of the leporin fish *Leporinus elongatus* (Valenciennes, 1874) under experimental conditions. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia* (Brazil).

Santos, J. E. D. y Godinho, H. P. (2002). Ontogenic events and swimming behavior of larvae of the characid fish *Salminus brasiliensis* (Cuvier) (Characiformes, Characidae) under laboratory conditions. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(1), 163-171.

Sá-Oliveira, J. C.; Hawes, J. E.; Isaac-Nahum, V. J. y Peres, C. A. (2015). Upstream

and downstream responses of fish assemblages to an Eastern Amazonian hydroelectric dam. *Freshwater biology*, 60(10), 2037-2050.

Sinokrot, B. A. y Gulliver, J. S. (2000). In-stream flow impact on river water temperatures. *Journal of Hydraulic Research*, 38(5), 339-349.

Snyder, D. E. (1981). Contributions to a guide to the Cypriniform fish larvae of the upper Colorado river system in Colorado. *Biol. Sciences Series*. 3:1-81.

Soldano, F. A. (1947). Régimen y aprovechamiento de la red fluvial argentina, I: el río Paraná y sus Tributarios. Ed.Cimera, Buenos Aires. 277 pp.

Suzuki, H. I.; Agostinho, A. A.; Bailly, D.; Gimenes, M. F.; Júlio-Junior, H. F. y Gomes, L. C. (2009). Inter-annual variations in the abundance of young of the year of migratory fishes in the Upper Paraná River floodplain: relations with hydrographic attributes. *Brazilian Journal of Biology*, 69(2), 649-660.

Sverlij, S. B.; Espinach Ros A. y Ortí G. (1993). Synopsis de los datos biológicos del sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847), (No. 154). Food and Agriculture Organization of the United Nations—FAO. Fisheries Synopsis, 1-67.

Travnichek, V. H.; Bain, M. B. y Maceina, M. J. (1995). Recovery of a warmwater fish assemblage after the initiation of a minimum-flow release downstream from a hydroelectric dam. *Transactions of the American Fisheries Society*, 124(6), 836-844.

Ulanowicz, R. E. (1976). The mechanical effects of water flow on fish eggs and larvae. En S. B. Saila, editor. *Fisheries and energy production: a symposium*. Heath, Lexington, Massachusetts. 77-87.

Urrutia, J. A.; Trejos, E. A. C. y Palomino, R. (2011). Una aplicación de las correlaciones canónicas en climatología. *Scientia et technica*, 16(48), 263-268.

Van Vliet, M. T. H.; Ludwig, F.; Zwolsman, J. J. G.; Weedon, G. P. y Kabat, P. (2011). Global river temperatures and sensitivity to atmospheric warming and changes in river flow. *Water Resources Research*, 47(2). 19 pp.

Vargas, F. (2017). Informe Final de Estadísticas Pesqueras del año 2016. Departamento de Fauna y Pesca de la Dirección de Fauna y Áreas Naturales Protegidas. Subsecretaría de Recursos Naturales. Ministerio de Producción de la Provincia del Chaco. Argentina. 39 pp.

Vargas, F. (2018). Informe Final de Estadísticas Pesqueras del año 2017. Departamento de Fauna y Pesca de la Dirección de Fauna y Áreas Naturales Protegidas. Subsecretaría de Recursos Naturales. Ministerio de Producción de la Provincia del Chaco. Argentina. 44 pp.

Vazzoler, A. E. A. M. (1996). *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Eduem, vol. 169.

Villardón, J. L. V. (2002). Análisis de componentes principales. Cataluña: UOC, Departamento de Estadística, vol. 32.

Vitule, J. R. S.; Skóra, F. y Abilhoa, V. (2012). Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. *Diversity and Distributions*, 18(2), 111-120.

Vlaming, V. L. (1972) Environmental control of teleost reproductive cycles: a brief review. *J Fish Biol* 4:131–140.

Welcomme, R. L. (1979) Fisheries Ecology of Floodplain Rivers. Logman, London. 317 pp.

Welcomme, R. L. (1987). River Fisheries, FAO Fisheries Technical Paper, No. 262, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 330 pp.

Winemiller, K. O. (1989). Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81(2), 225-241.

ANEXOS

FECHAS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS EN LOS CUATRO SITIOS

Tabla I. Fechas de los muestreos realizados en el sitio Corrientes.

Muestreo	Fecha	Muestreo	Fecha	Muestreo	Fecha
1	12/7/2012	30	12/2/2013	59	10/2/2014
2	30/7/2012	31	22/2/2013	60	19/2/2014
3	6/8/2012	32	25/2/2013	61	5/3/2014
4	22/8/2012	33	28/2/2013	62	15/3/2014
5	5/9/2012	34	5/3/2013	63	25/3/2014
6	18/9/2012	35	7/3/2013	64	16/4/2014
7	21/9/2012	36	15/3/2013	65	20/5/2014
8	28/9/2012	37	25/3/2013	66	9/6/2014
9	12/10/2012	38	5/4/2013	67	7/7/2014
10	16/10/2012	39	2/5/2013	68	8/8/2014
11	22/10/2012	40	5/6/2013	69	15/9/2014
12	26/10/2012	41	8/7/2013	70	29/9/2014
13	30/10/2012	42	12/8/2013	71	4/10/2014
14	2/11/2012	43	5/9/2013	72	15/10/2014
15	7/11/2012	44	15/10/2013	73	17/10/2014
16	13/11/2012	45	18/10/2013	74	21/10/2014
17	16/11/2012	46	29/10/2013	75	28/10/2014
18	21/11/2012	47	31/10/2013	76	31/10/2014
19	30/11/2012	48	5/11/2013	77	3/11/2014
20	4/12/2012	49	14/11/2013	78	10/11/2014
21	20/12/2012	50	20/11/2013	79	18/11/2014
22	26/12/2012	51	6/12/2013	80	3/12/2014
23	4/1/2013	52	17/12/2013	81	2/1/2015
24	9/1/2013	53	27/12/2013	82	9/1/2015
25	11/1/2013	54	10/1/2014	83	16/1/2015
26	13/1/2013	55	15/1/2014	84	28/1/2015
27	17/1/2013	56	21/1/2014	85	20/2/2015
28	28/1/2013	57	24/1/2014	86	20/2/2015
29	2/2/2013	58	3/2/2014	87	11/3/2015

Tabla II. Fechas de los muestreos realizados en el sitio Puerto Antequera.

Muestreo	Fecha	Muestreo	Fecha	Muestreo	Fecha
1	12/7/2012	30	22/2/2013	59	10/2/2014
2	30/7/2012	31	25/2/2013	60	19/2/2014
3	8/8/2012	32	28/2/2013	61	5/3/2014
4	22/8/2012	33	5/3/2013	62	15/3/2014
5	5/9/2012	34	7/3/2013	63	25/3/2014
6	18/9/2012	35	13/3/2013	64	16/4/2014
7	21/9/2012	36	15/3/2013	65	1/5/2014
8	12/10/2012	37	25/3/2013	66	20/5/2014
9	16/10/2012	38	5/4/2013	67	9/6/2014
10	22/10/2012	39	2/5/2013	68	7/7/2014
11	26/10/2012	40	5/6/2013	69	8/8/2014
12	30/10/2012	41	8/7/2013	70	15/9/2014
13	2/11/2012	42	12/8/2013	71	29/9/2014
14	7/11/2012	43	5/9/2013	72	4/10/2014
15	13/11/2012	44	15/10/2013	73	15/10/2014
16	16/11/2012	45	18/10/2013	74	17/10/2014
17	21/11/2012	46	29/10/2013	75	21/10/2014
18	30/11/2012	47	31/10/2013	76	28/10/2014
19	4/12/2012	48	5/11/2013	77	31/10/2014
20	20/12/2012	49	14/11/2013	78	3/11/2014
21	26/12/2012	50	20/11/2013	79	10/11/2014
22	4/1/2013	51	6/12/2013	80	18/11/2014
23	9/1/2013	52	17/12/2013	81	3/12/2014
24	11/1/2013	53	27/12/2013	82	2/1/2015
25	13/1/2013	54	10/1/2014	83	9/1/2015
26	17/1/2013	55	15/1/2014	84	16/1/2015
27	28/1/2013	56	21/1/2014	85	28/1/2015
28	2/2/2013	57	24/1/2014	86	20/2/2015
29	12/2/2013	58	3/2/2014	87	11/3/2015

Tabla III. Fechas de los muestreos realizados en el sitio Paso de la Patria.

Muestreo	Fecha	Muestreo	Fecha	Muestreo	Fecha
1	16/10/2013	12	15/1/2014	23	29/9/2014
2	28/10/2013	13	17/1/2014	24	8/10/2014
3	1/11/2013	14	21/1/2014	25	14/10/2014
4	12/11/2013	15	24/1/2014	26	18/10/2014
5	20/11/2013	16	4/2/2014	27	23/10/2014
6	24/11/2013	17	7/2/2014	28	28/10/2014
7	6/12/2013	18	10/2/2014	29	7/11/2014
8	12/12/2013	19	17/2/2014	30	12/12/2014
9	25/12/2013	20	1/3/2014	31	22/12/2014
10	6/1/2014	21	26/3/2014	-	-
11	9/1/2014	22	15/9/2014	-	-

Tabla IV. Fechas de los muestreos realizados en el sitio Las Palmas.

Muestreo	Fecha	Muestreo	Fecha	Muestreo	Fecha
1	14/10/2013	12	17/1/2014	23	6/10/2014
2	18/10/2013	13	20/1/2014	24	12/10/2014
3	21/10/2013	14	24/1/2014	25	15/10/2014
4	26/10/2013	15	3/2/2014	26	19/10/2014
5	12/11/2013	16	7/2/2014	27	21/10/2014
6	21/11/2013	17	5/3/2014	28	24/10/2014
7	30/11/2013	18	7/3/2014	29	28/10/2014
8	6/12/2013	19	23/3/2014	30	7/11/2014
9	26/12/2013	20	25/3/2014	31	11/12/2014
10	8/1/2014	21	27/3/2014	32	22/12/2014
11	14/1/2014	22	5/10/2014	33	5/1/2015

VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS E HIDROLÓGICAS DEL RÍO PARANÁ EN LOS SITIOS CORRIENTES Y PUERTO ANTEQUERA

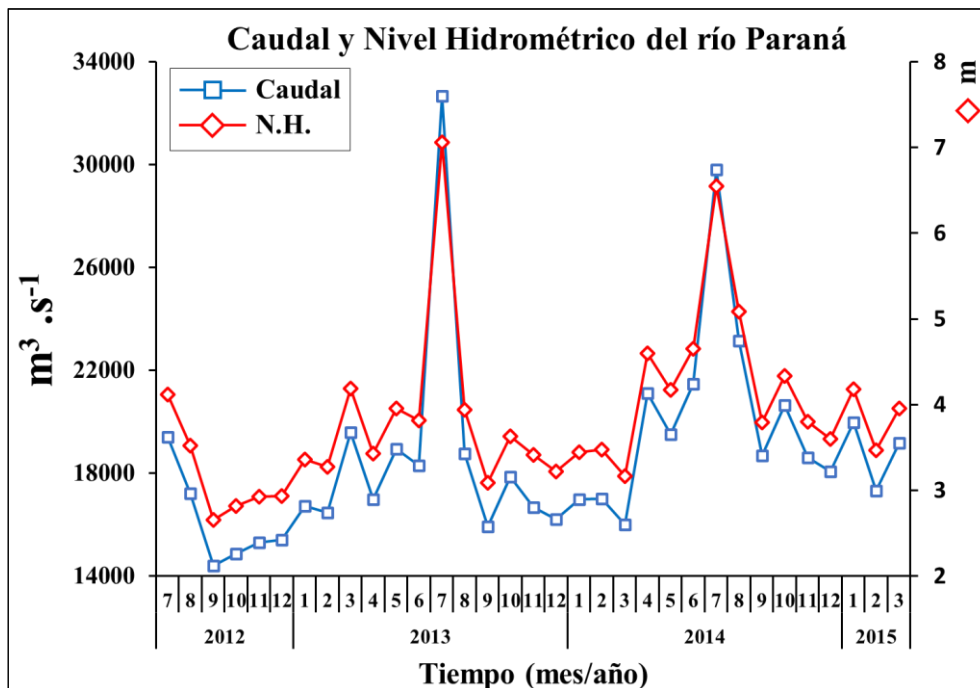


Figura I. Promedio mensual del caudal (líneas y cuadrados azules) y nivel hidrométrico (líneas y rombos rojos) del río Paraná a la altura de Corrientes Capital durante el periodo de estudio 2013–2015.

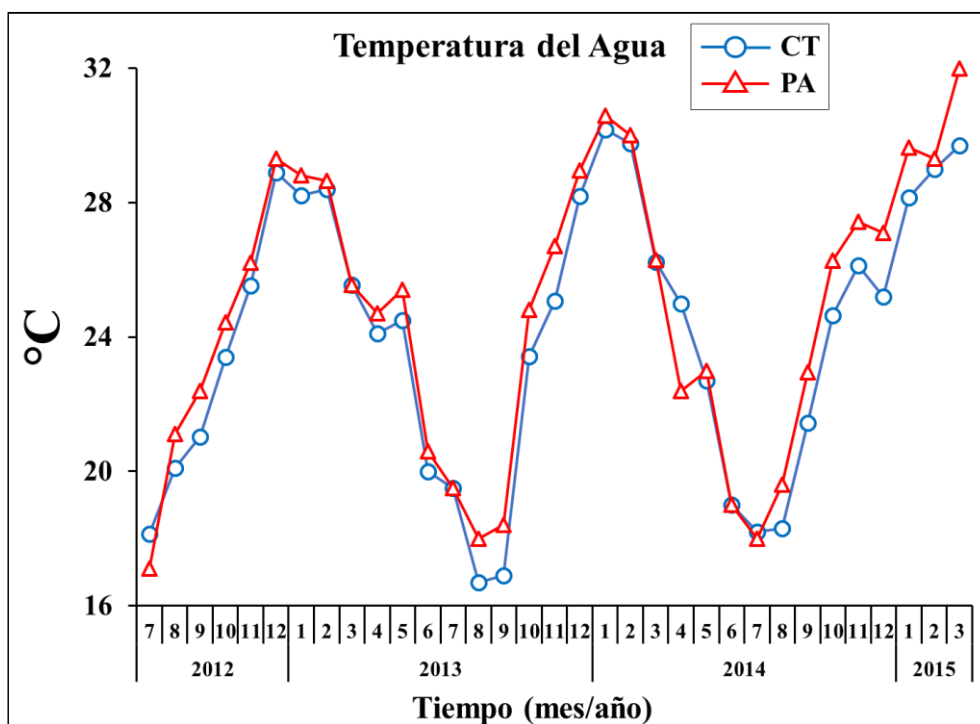


Figura II. Promedio mensual de la temperatura del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes (líneas y círculos azules, CT) y Puerto Antequera (líneas y triángulos rojos, PA) durante el periodo de estudio 2012–2015.

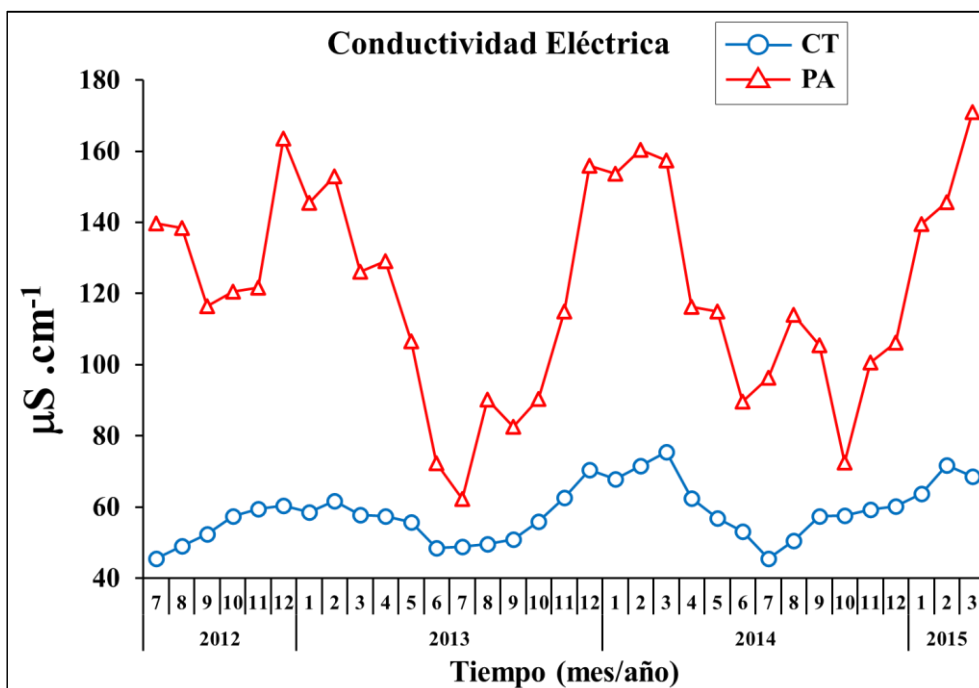


Figura III. Promedio mensual de la conductividad eléctrica del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes (líneas y círculos azules, CT) y Puerto Antequera (líneas y triángulos rojos, PA) durante el periodo de estudio 2012–2015.

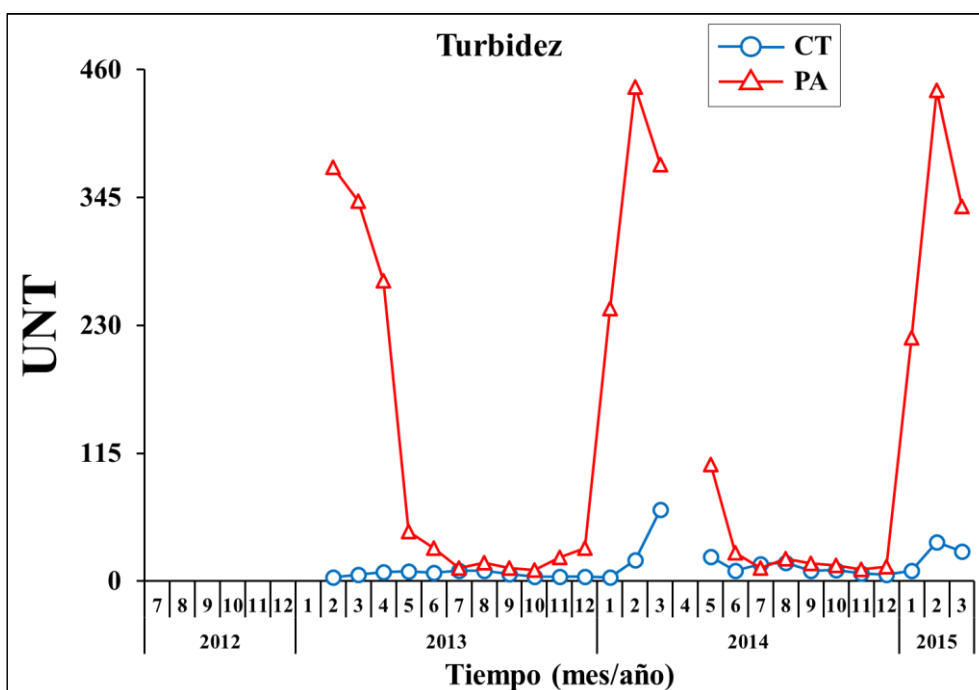


Figura IV. Promedio mensual de la turbidez del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes (líneas y círculos azules, CT) y Puerto Antequera (líneas y triángulos rojos, PA) durante el periodo de estudio 2012–2015.

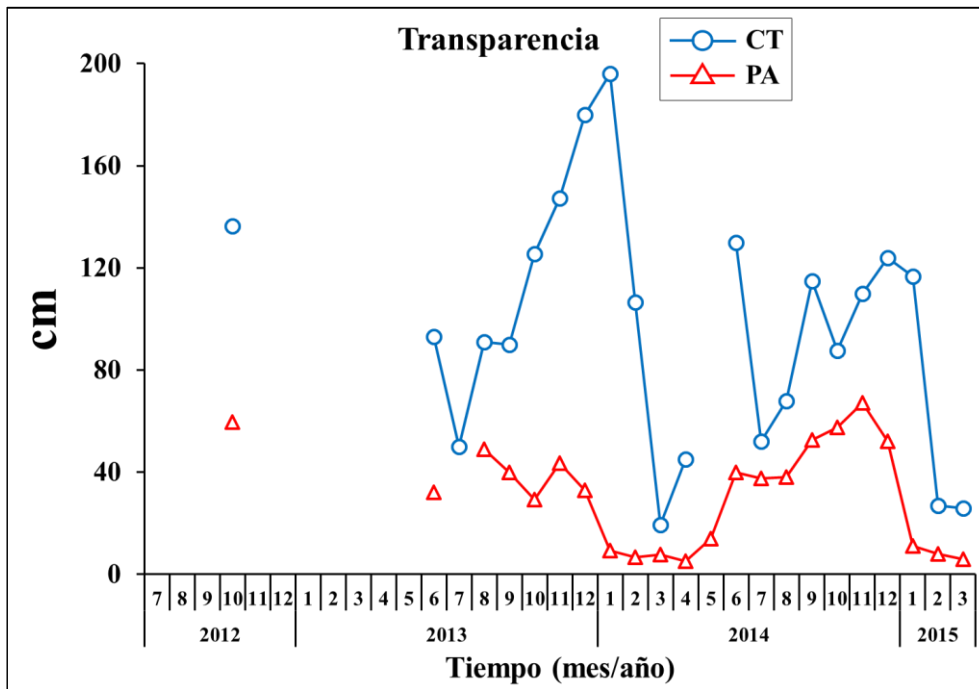


Figura V. Promedio mensual de la transparencia del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes (líneas y círculos azules, CT) y Puerto Antequera (líneas y triángulos rojos, PA) durante el periodo de estudio 2012–2015.

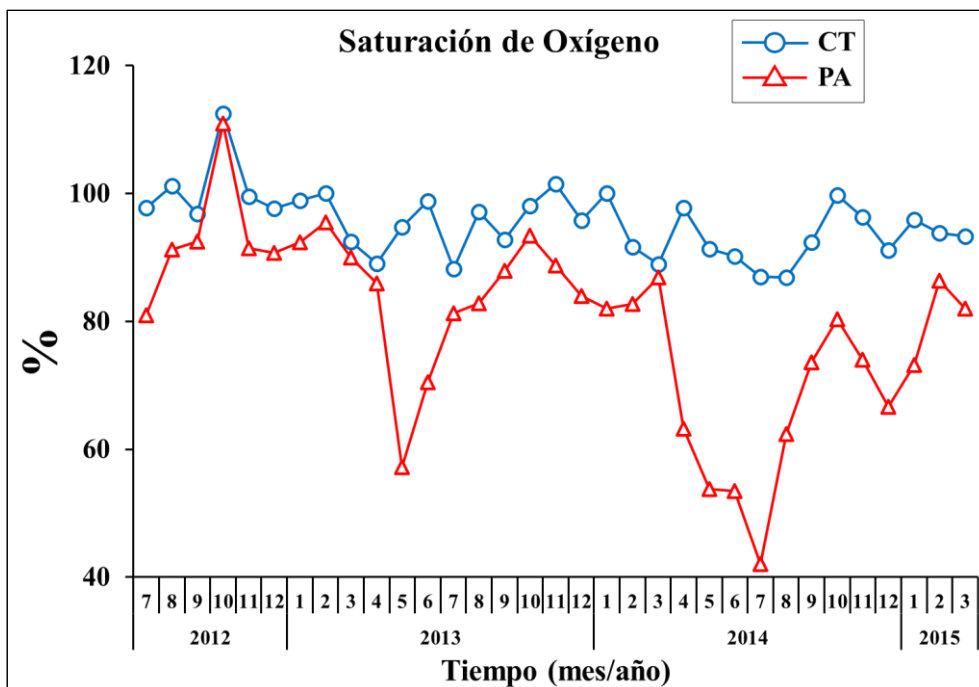


Figura VI. Promedio mensual de la saturación de oxígeno del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes (líneas y círculos azules, CT) y Puerto Antequera (líneas y triángulos rojos, PA) durante el periodo de estudio 2012–2015.

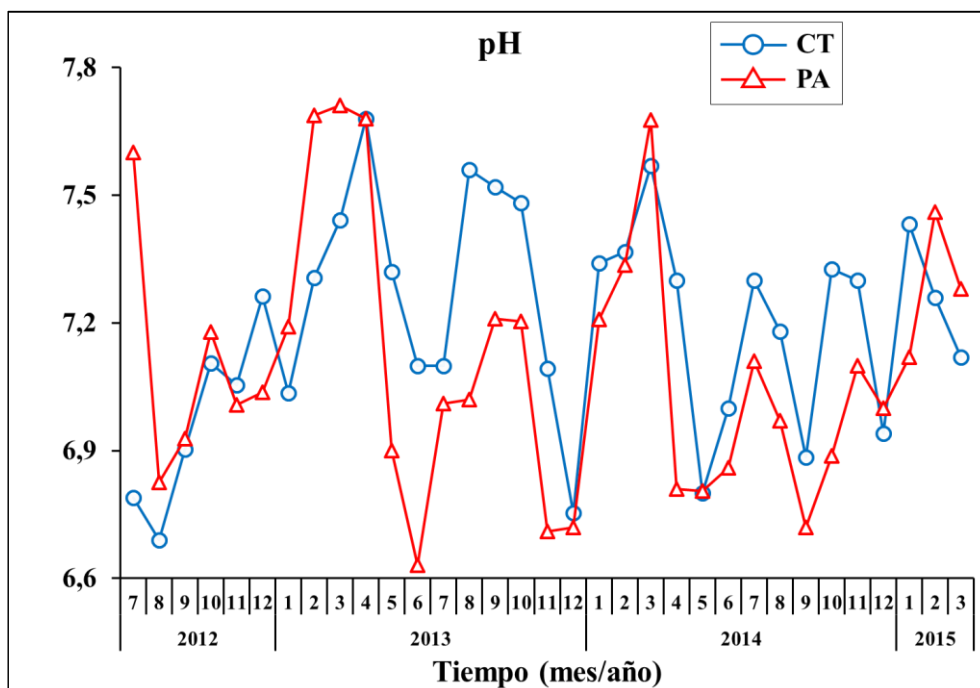


Figura VII. Promedio mensual del pH del agua estimada en los sitios de muestreo Corrientes (líneas y círculos azules, CT) y Puerto Antequera (líneas y triángulos rojos, PA) durante el periodo de estudio 2012–2015.

GRUPOS ADICIONALES DE LARVAS IDENTIFICADAS



Figura VIII. Larva de la familia Curimatidae en estado de pre-flexión. Escala en dos milímetros.



Figura IX. Larva de la familia Cynodontidae en estado de pre-flexión tardía. Escala en dos milímetros.



Figura X. Larva de la familia Pimelodidae (Subfamilia Luciopimelodinae) en estado de flexión. Escala en dos milímetros.

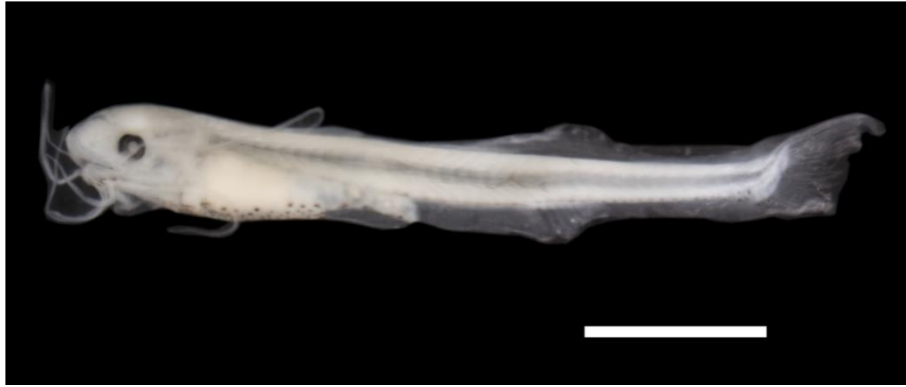


Figura XI. Larva de la familia Pimelodidae (Subfamilia Pimelodinae) en estadio de flexión. Escala en dos milímetros.



Figura XII. Larva de la familia Pimelodidae (Subfamilia Sorubiminae, *Sorubim lima*) en estadio de flexión. Escala en dos milímetros.



Figura XIII. Larva de la familia Sciaenidae en estadio de flexión. Escala en dos milímetros.