

# Estructura comunitaria y diversidad de peces en el Río Uruguay

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de  
celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017



## **Autores:**

Anahí López-Rodríguez  
Iván González-Bergonzoni  
Samanta Stebniki  
Nicolás Vidal  
Franco Teixeira de Mello  
Alejandro D'Anatro

## **Colaboradores:**

Joaquín Pais  
Ivana Silva  
Giancarlo Tesitore

Distribución: UPM S.A., DINAMA, DINARA

# UPM S.A.

# Estructura comunitaria y diversidad de peces en el Río Uruguay

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de  
celulosa UPM S.A.  
Diciembre, 2017

Informe realizado en el marco de la asesoría técnica para el monitoreo de la comunidad de peces en las zonas de Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas (Departamento de Río Negro, Uruguay) a pedido de UPM S.A.

El presente informe refleja la opinión de los autores y no es de carácter institucional.

Páginas: 50  
Figuras: 10  
Tablas: 4  
Apéndices: 1

Imagen de tapa: 8 individuos de la especie *Serrasalmus maculatus* y 3 individuos de *Pygocentrus nattereri*.

**TABLA DE CONTENIDOS**

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>METODOLOGÍA</b> .....	6
DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA Y EFLUENTES.....	6
PERÍODOS Y ÁREA DE ESTUDIO.....	8
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	10
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	12
PERÍODO 2005-2017.....	12
PERÍODO DICIEMBRE 2017.....	18
CONDICIÓN DE LA ESPECIE INDICADORA.....	29
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	33
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37
<b>APÉNDICES</b> .....	40

## INTRODUCCIÓN

La planta de pasta de celulosa UPM S.A. localizada en Fray Bentos inició su producción a principios de Noviembre de 2007 y ha estado en operación desde entonces. El actual estudio sobre estructura comunitaria y diversidad específica de peces forma parte del monitoreo ambiental que UPM S.A. lleva a cabo de forma anual y sin interrupciones desde el año 2007. El presente programa y protocolo de monitoreo estandarizado ha sido aprobado por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) y se realiza en tres zonas del río Uruguay bajo: Nuevo Berlín, sitio considerado como zona de referencia ya que está ubicado aproximadamente 24 Km aguas arriba del sitio de descarga de los efluentes de la planta de UPM S.A.; Fray Bentos, como zona receptora inmediata, por estar localizado inmediatamente aguas abajo de la zona de descarga de efluentes; y Las Cañas, siendo una zona receptora lejana, localizada aproximadamente 15 Km aguas abajo de la descarga de efluentes. Este programa de monitoreo se lleva a cabo en las mismas áreas y usando similar metodología a los estudios de línea de base realizados entre los años 2005-2007, también a cargo de la empresa UPM S.A. y anterior a la puesta en funcionamiento de la planta (Tana, 2007). Esta aproximación metodológica permite estudiar el potencial efecto de los efluentes de la planta sobre la comunidad de peces, comparando parámetros descriptivos de la estructura comunitaria antes y después de la puesta en marcha de la misma, y también entre la zona referencia y las zonas receptoras del efluente. Esta aproximación metodológica se denomina BACI (por sus siglas en inglés “*Before After Control Impact*”) y es una de las aproximaciones más adecuadas para este tipo de estudios de monitoreo de impacto ambiental a nivel mundial (Underwood, 1991).

Los estudios previos a la puesta en funcionamiento de la planta de UPM S.A. han revelado que la estructura comunitaria y diversidad de peces son relativamente similares entre estas tres áreas, aunque existe un menor número de especies de peces en la zona receptora lejana, i.e. Las Cañas (Tana, 2007). Durante los estudios de línea de base también se ha constatado la alta variabilidad temporal natural en la estructura de la comunidad de peces, pero siempre existiendo gran similitud en la composición específica --en cuanto a las especies dominantes-- entre los tres sitios de muestreo (Tana, 2007). Durante los monitoreos posteriores a los estudios de línea de base realizados a partir de Diciembre de 2007, se ha constatado también una gran variabilidad temporal en la estructura comunitaria de los peces, pero sin existir grandes diferencias en la abundancia, biomasa y diversidad específica total entre la zona de referencia y las zonas receptoras de efluentes. Estos resultados indicarían que la variabilidad en la comunidad de peces podría estar influenciada por otros factores

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-

Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

ambientales independientes de las actividades de la planta de UPM S.A. Por otra parte, hasta abril del 2017 no se habían observado deformaciones o anomalías macroscópicas en peces durante estos estudios. Durante ese muestreo únicamente un individuo de la especie *Megaleporinus obtusidens* mostró deformidades, pero debido a que fue encontrado en la zona de referencia de Nuevo Berlín, no son atribuibles a la planta (López-Rodríguez *et al.*, 2017a). No se han constatado diferencias sistemáticas en la condición de los individuos de la especie indicadora entre las tres zonas (e.g., factor de condición e índices hepato- y gonado-somático) (Tana, 2007, 2014, López-Rodríguez *et al.*, 2017a). En conjunto los trabajos previos de monitoreo no han indicado impactos de los efluentes sobre la estructura de la comunidad y diversidad de peces ya que no se han encontrado diferencias entre las zonas receptoras de efluentes (Fray Bentos y Las Cañas) y la zona referencia o control (Nuevo Berlín) (Tana, 2014, González-Bergonzoni *et al.* 2016a y referencias allí presentes).

Estos estudios de monitoreo, tanto los de línea de base como los posteriores a la puesta en marcha de la planta, han sido diseñados de acuerdo a las regulaciones gubernamentales del “Canadian EEM” (por sus siglas en inglés: "*Environmental Effects Monitoring*") en Canadá. Este programa se basa en la experiencia de estudios científicos de muchos años de monitoreo de impacto de efluentes de plantas de celulosa (información disponible en: <http://laws-lois.justice.gc.ca>). De acuerdo a este programa, se deben monitorear a nivel poblacional indicadores de reproducción, condición y supervivencia de peces expuestos a efluentes comparándolos con peces de zonas de referencia donde el efluente no está presente, en este caso, el área de Nuevo Berlín. Cambios en estos indicadores pueden ocurrir con anterioridad a la extinción local de una especie, aunque los cambios observados a nivel comunitario no siempre se correspondan con estos indicadores (EEM, 2010). En el período previo a la puesta en marcha de la planta es muy importante generar información como línea de base para ser utilizada como referencia en futuros monitoreos. Idealmente se sugiere enfocarse en dos especies locales y de movimiento restringido, utilizándose como “especies modelo” sobre las cuales monitorear indicadores de reproducción y condición general, confrontando zonas de referencia con zonas expuestas, y también comparando antes y después de la presencia de efluente en una misma zona siguiendo la antes mencionada metodología BACI (EEM, 2010; Underwood, 1991). Los estudios de línea de base, así como los estudios previos, han sugerido que la mejor especie “modelo” a utilizar en este sistema es el bagre trompudo, *Iheringichthys labrosus*, debido a su alta frecuencia de ocurrencia en los tres sitios de muestreo y abundancia en todos los muestreos, así como gran

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Igúá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: [passer@fcien.edu.uy](mailto:passer@fcien.edu.uy)

representación de diversas clases de talla, a su probable carácter local, a que posee hábitos alimenticios bentívoros. Además existen diferencias alimenticias y fisiológicas entre estas tres áreas (Masdeu *et al.*, 2011; D'Anatro *et al.*, 2013, respectivamente), existiendo evidencia que confirmaría el carácter local de la especie al menos en determinados períodos, aunque se trate de una misma población. Sin embargo, no existen estudios detallados sobre migraciones entre las tres áreas de estudio (véase como excepción Calvelo *et al.*, 2013).

En las diferentes áreas donde se llevó a cabo el estudio, los ambientes del río Uruguay se pueden dividir a gran escala entre: i) la zona litoral, entre 1-2 m de profundidad y localizada en la zona costera (<100 m), ii) la zona media, con profundidad de 2-5 m extendiéndose hasta aproximadamente 500 m de la línea costera, y finalmente iii) la zona profunda en el canal principal, con profundidades mayores a 8 m. Esta zonación ha sido utilizada previamente en estudios de plancton y fauna bentónica (CELA, 2006).

El presente informe se enfoca en el monitoreo de la estructura de la comunidad de peces en las zonas litoral y media del río Uruguay, considerando un área referencia (Nuevo Berlín) y dos áreas receptoras de efluente de UPM S.A. (Fray Bentos y Las Cañas), llevado a cabo en el mes de diciembre de 2017 (entre los días 1-3 y 8-10). Este monitoreo se realiza en forma conjunta y complementaria al monitoreo de calidad de agua y de exposición de moluscos y peces a efluentes, realizado en los mismos sitios y durante los mismos períodos a cargo de UPM S.A. (e.g. Tana, 2014; López-Rodríguez *et al.*, 2017b).

## METODOLOGÍA

### DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA Y EFLUENTES

#### *La planta*

La planta de celulosa de UPM S.A. está ubicada 5 km aguas arriba de la ciudad de Fray Bentos y posee una capacidad de producción anual de 1,3 millones de toneladas de pulpa de celulosa kraft blanqueada de *Eucalyptus spp.* La planta aplica las mejores técnicas disponibles (denominada planta “BAT”, por sus siglas en inglés: “Best Available Techniques”) como ha sido presentado en el reporte preparado por la comisión europea (Anon, 2001). Los troncos son descortezados en las plantaciones al cosecharlos y son chipeados en la planta. El proceso de cocción aplica la tecnología

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Igúá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Lo-Solids®, en un digestor continuo de 3200 m<sup>3</sup>. El proceso de deslignificación continúa por medio de un tratamiento en dos etapas con oxígeno. Posteriormente, la pulpa es blanqueada usando una secuencia ECF "light" (A/D EOP D P) en la cual los principales agentes blanqueadores usados son el dióxido de cloro, hidróxido de sodio (y/o licor blanco oxidado), ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno. Este proceso ha sido diseñado para obtener un producto final con blancura de 89-92% ISO. La pulpa se seca en dos líneas paralelas iguales, y luego de embalada es transportada por vía fluvial hasta el puerto de Nueva Palmira, c.a. 100 Km aguas abajo en el río Uruguay, desde donde es exportada a papeleras en otros continentes.

La línea de recuperación consiste en una planta de evaporación de siete efectos con unidades evaporadoras de película descendente, una caldera de recuperación de 4.450 toneladas de sólidos secos por día, y una línea recaustificadora para producir el licor blanco usado en la cocción de los chips de madera. Los gases olorosos generados se recolectan y se queman en la caldera de recuperación; dos calderas de respaldo están instaladas para quemar esos gases en el caso de ocurrir perturbaciones en la operativa normal.

El agua bruta es tomada del río Uruguay a una tasa promedio de 900 L/s y se trata para su uso en el proceso de forma similar a una planta de tratamiento de agua convencional. El efluente es vertido al río Uruguay por medio de un difusor de 200 m, a una tasa promedio de 700 L/s. La planta de tratamiento del efluente consiste en un tratamiento primario (sedimentación) seguido de un tratamiento de lodos activados (tratamiento biológico). Luego del tratamiento primario, el efluente se dirige a un sistema de piletas de seguridad y equalización, con un volumen de 75.000 m<sup>3</sup>, diseñado y operado para la prevención de anomalías en la calidad del efluente que se envía al tratamiento biológico. El sistema de lodos activados posee un volumen de 150.000 m<sup>3</sup>, en dos líneas, con un tiempo de residencia hidráulica de aproximadamente 48 horas. El promedio anual de flujo del efluente en el 2017 previo al monitoreo fue de 17,4 m<sup>3</sup>/ADT (tonelada de pulpa seca, ADT por sus siglas en inglés: "Air-Dried Ton of pulp"). Durante el presente período de estudio en diciembre de 2017 (datos entre 1/12/2017-3/12/2017 y 8/12/2017-10/12/2017) el flujo diario fue de 16,3 m<sup>3</sup>/ADT.

### ***Calidad del efluente***

Las características físico-químicas del efluente tratado durante el presente período de estudio se presentan en la Tabla 1. La tabla describe los valores promedios para el último trimestre del 2017

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

(octubre-diciembre), así como para el último período de muestreo (1-3 y 8-10 de diciembre de 2017). En la tabla se incluyen los valores límites aceptados en las tecnologías BAT de acuerdo a la comisión europea (Anon, 2001). Tanto durante el presente período de monitoreo como durante el primer trimestre de 2017 hasta la fecha del muestreo, los valores descargados al río nunca excedieron los valores permitidos de acuerdo a la normativa vigente.

**Tabla 1.** Características del efluente descargado de la planta de UPM S.A. en Fray Bentos. La tabla incluye valores promedios de descarga expresados en kilogramos por cada tonelada seca de pulpa producida (kg/ADT) para octubre-diciembre 2017, así como, durante el período de muestreo (1-3 y 8-10 de diciembre de 2017) y los valores límites permitidos por la comisión europea.

<b>Kg / ADT</b>	<b>COD (Kg/ADT)*</b>	<b>BOD<sub>5</sub> (Kg/ADT)</b>	<b>AOX (Kg/ADT)</b>	<b>N total (Kg/ADT)</b>	<b>P total (Kg/ADT)</b>	<b>SST (Kg/ADT)</b>	<b>Flujo del efluente (m<sup>3</sup>/ADT)</b>
<b>BAT</b>	23	1,5	0,25	0,25	0,030	1,5	50
<b>Límites permitidos#</b>	15	0,70	0,15	0,20	0,02	1,0	-
<b>Promedio octubre- diciembre 2017</b>	<b>4,0</b>	<b>0,17</b>	<b>0,025</b>	<b>0,039</b>	<b>0,011</b>	<b>0,15</b>	<b>16,0</b>
<b>Período de muestreo diciembre 2017</b>	<b>4,0</b>	<b>0,16</b>	<b>0,027</b>	<b>0,041</b>	<b>0,013</b>	<b>0,21</b>	<b>16,3</b>

\*ADT = Tonelada de pulpa seca (ADT por sus siglas en inglés: “Air Dried Ton of pulp”)

# Los límites son a escala anual

## PERÍODO Y ÁREAS DE ESTUDIO

La comunidad de peces fue estudiada entre los días 30 de noviembre-3 de diciembre y durante el período 7-10 de diciembre de 2017, en los mismos sitios analizados durante los estudios de línea de base y monitoreos previos. Los sitios de muestreo fueron situados en el área referencia de Nuevo Berlín (área A; 32°58'42" S, 58°04'02"O), en la zona receptora cercana del efluente, en Fray Bentos (área B; 33°04'41" S, 58°16'15"O) y en la zona receptora lejana en Las Cañas (área C; 39°09'41" S, 58°22'11"O) (Fig. 1).

En estas mismas áreas, un equipo de trabajo del Laboratorio Tecnológico del Uruguay toma muestras regularmente para el estudio de calidad de agua, plancton y fauna bentónica de acuerdo con el mismo plan de monitoreo (LATU, 2014). Los estudios de músculo y bilis de peces con

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-

Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

diferente exposición al efluente también fueron realizados en dichas áreas y serán reportados en el informe de exposición diciembre 2017 (López-Rodríguez *et al.*, 2017c, *en preparación.*).



**Figura 1.** Áreas de monitoreo de la comunidad de peces. Área A: Nuevo Berlín como área de referencia. Área B: Fray Bentos, bahía del Arroyo Yaguareté como área receptora cercana al efluente de UPM S.A. Área C: Las Cañas como área receptora lejana del efluente de la planta de UPM S.A. Figura modificada de D'Anatro *et al.* (2013).

Para el muestreo de peces se utilizaron redes Nórdicas estándar de 30 m de largo y 1,5 m de altura, las cuales consisten de 12 paños de 2,5 m de largo cada uno, de tamaños diferentes de malla, con distancia entrenudo de: 5,0; 6,25; 8,0; 10; 12,5; 15,5; 19,5; 24; 29; 35; 43 y 55 mm respectivamente. Las redes se calaron al atardecer (aprox. 19:00 hs) y fueron levantadas al amanecer (aprox. a las 7:00 hs), con un tiempo aproximado de 12 hs. de permanencia en el agua. En cada área se utilizaron ocho redes, calándose cuatro sets, cada uno consiste de dos redes unidas en serie, de los cuales se sitúan dos en la zona litoral (dos réplicas) y dos en la zona media (dos réplicas). La distancia entre las dos replicas fue de aproximadamente 300 m y la distancia entre redes de la zona litoral y media fue de aproximadamente 500 m. El muestreo se desarrolló en la zona A, luego en la zona B y por último en la zona C, de idéntica forma y repetido con una semana de diferencia. En total 16 redes fueron caladas en cada sitio, 8 en la zona litoral y 8 en la zona media.

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcién.edu.uy

Los peces fueron identificados al mínimo nivel taxonómico posible (nivel de especie en la mayoría de los casos) y separados en clases de tamaño cada ca. 1,0 ó 0,5 cm de diferencia (según el tamaño y especie), medidos (largo estándar, milímetros) y pesados (masa total, gramos), siguiendo el mismo procedimiento realizado desde el inicio de los estudios de línea de base (e.g. Tana, 2007; López-Rodríguez *et al.* 2016a).

La especie *Iheringichthys labrosus* (Siluriformes, Pimelodidae) fue utilizada como indicadora para el estudio de la condición general de los peces entre la zona referencia y las zona receptora del efluente. Como indicadores se utilizaron el Factor de Condición (FC), el Índice Gonadosomático (IGS) y el Índice Hepatosomático (IHS) de una sub-muestra de esta especie, utilizando individuos adultos incluidos en una o más réplicas dependiendo de la abundancia de la especie.

## TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.

### ***Período 2005- 2017***

Para comparar la biomasa y abundancia de peces capturada por unidad de esfuerzo entre el período de línea de base y los períodos de monitoreo posteriores a la puesta en marcha de UPM S.A. entre los sitios receptores y el de referencia se utilizó un test de ANOVA factorial de 2 vías ( $\alpha = 0,05$ ). Estos tests permiten seguir la metodología BACI comparando parámetros antes y después entre la zona de referencia y aquellas potencialmente impactadas. Como situación de línea de base se utilizan los muestreos de comunidad de peces desde 2005 a 2007 y como situación posterior a la instalación de la planta de UPM S.A. los muestreos de comunidad de peces entre 2008-2017. Cabe resaltar que durante los muestreos de línea de base del año 2005 y el muestreo de abril de 2006 no se separaron las capturas de peces en dos replicas litorales y dos pelágicas por sitio, como se hizo posteriormente. Por este motivo, los datos de estos muestreos se presentan como un sólo valor promedio de Captura de peces Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) por cada muestreo.

### ***Período diciembre 2017***

#### ***Comparación de capturas entre hábitats***

Para comparar estadísticamente las variaciones en la riqueza específica, biomasa y abundancia capturadas por unidad de esfuerzo entre el hábitat litoral y la zona media de cada sitio, cada set de

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-  
Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

redes (recordar que cada set consiste de dos redes unidas en serie) fue tratado como una réplica, sin considerar las posibles diferencias entre los días de muestreo (4 réplicas litorales vs. 4 réplicas en la zona media). Estas diferencias fueron analizadas mediante un test ANOVA ( $\alpha = 0,05$ ) siempre que se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, de lo contrario se utilizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. La potencial diferencia en las capturas entre los dos muestreos ha sido testeada de manera similar, agrupando zona litoral y zona media en cada sitio y tratando cada set de redes dispuesto en un mismo día de muestreo como una réplica ( $n = 4$  réplicas en la primer semana vs.  $n = 4$  réplicas en la segunda semana).

### *Comparación de capturas entre sitios*

Para comparar la riqueza específica, biomasa y abundancia de peces entre la zona referencia y las zonas receptoras del efluente se estandarizaron las capturas de acuerdo a una misma unidad de esfuerzo, fijada en una red en el caso de biomasa y abundancia, y en un set de redes en el caso de la diversidad específica. Esta estandarización se lleva a cabo debido a que en ocasiones las redes sufren daños o roturas de magnitud y no pueden ser consideradas para los análisis. Luego de la estandarización, los valores comparados corresponden al número medio de especies, abundancia y biomasa capturadas dada una misma unidad de esfuerzo (CPUE). En cada zona, cada set de redes dispuesto fue utilizado como una réplica indistintamente del día de muestreo o el hábitat, de modo de obtener parámetros de captura que integren la variabilidad en el espacio (zona media y litoral) y tiempo (dos muestreos con una semana de diferencia) ( $n = 8$  réplicas en cada sitio). Las diferencias en estos parámetros de captura fueron analizadas mediante un ANOVA, seguido de pruebas de Tukey a posteriori en caso de encontrar diferencias significativas ( $\alpha = 0,05$ ). En el caso de incumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se utilizaron los tests de Kruskal-Wallis, seguido del test de Mann-Whitney ( $\alpha = 0,05$ ).

### *Comparación de la condición general de la especie indicadora*

Los peces fueron examinados externamente con el fin de detectar deformidades y anormalidades macroscópicas en el cuerpo y aletas como posibles rasgos indicadores de enfermedades. Ninguna deformidad o anormalidad fue reportada durante el estudio de línea de base y/o monitoreos previos a abril de 2017 (e.g. González-Bergonzoni *et al.*, 2015; López-Rodríguez *et al.*, 2016a).

La variabilidad en la condición de los peces entre áreas también puede ser determinada estudiando índices indicadores de estado y salud de los individuos, como por ejemplo, la variabilidad en la relación del peso de los peces, así como el peso de su hígado y de las gónadas respecto a su tamaño corporal. En este caso el Factor de Condición de Fulton estudiado [ $FC = 100 \times (\text{peso corporal}/(\text{largo estándar})^3)$ ] describe que tan “gordos” o “delgados” están los peces en cada área (Froese, 2006) y los Índices Hepato-Somático [IHS =  $100 \times (\text{peso del hígado}/\text{peso corporal})$ ] y Gonado-Somático [IGS =  $100 \times (\text{peso de las gónadas}/\text{peso corporal})$ ] en relación al tamaño corporal pueden dar indicaciones de posibles alteraciones en la reproducción y el metabolismo en general de los animales (Wootton, 1991).

Para comparar estadísticamente diferencias en estos indicadores, se consideraron únicamente las hembras de *Iheringichthys labrosus* mayores a 13 cm de largo estándar (criterio basado en observaciones personales del grupo de trabajo sobre tamaño de primera madurez de esta especie en esta zona del Río Uruguay). Las comparaciones de FC, IHS e IGS entre las tres áreas se realizaron mediante tests de Kruskal-Wallis, seguido del test de Mann-Whitney en caso de encontrar diferencias significativas, ya que no se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad para ninguna de estas tres variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Período 2005- diciembre 2017*

El número de especies colectadas ha sido altamente variable entre años a lo largo de todo el período de muestreo, oscilando entre 3 y 32 especies colectadas en promedio por set de redes. La oscilación temporal en la riqueza aparenta ser consistente entre las tres áreas, observándose picos de riqueza durante los muestreos de Diciembre de 2008 y Diciembre de 2010 en las tres zonas. La mayor riqueza específica de todo el período fue capturada durante el muestreo de diciembre de 2016 en Nuevo Berlín, con 32 especies en una misma réplica (Figura 2). La riqueza por unidad de esfuerzo en el período post-UPM es mayor que aquella encontrada en el período de línea de base (ANOVA,  $F = 4,66$ ;  $p = 0,05$ ), lo que podría deberse a que en el período posterior a la instalación de la planta, los muestreos fueron y continúan siendo más regulares y en mayor número (Fig. 2, Tabla 3). El análisis estadístico reveló que la riqueza específica también difiere entre los sitios de muestreo,

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

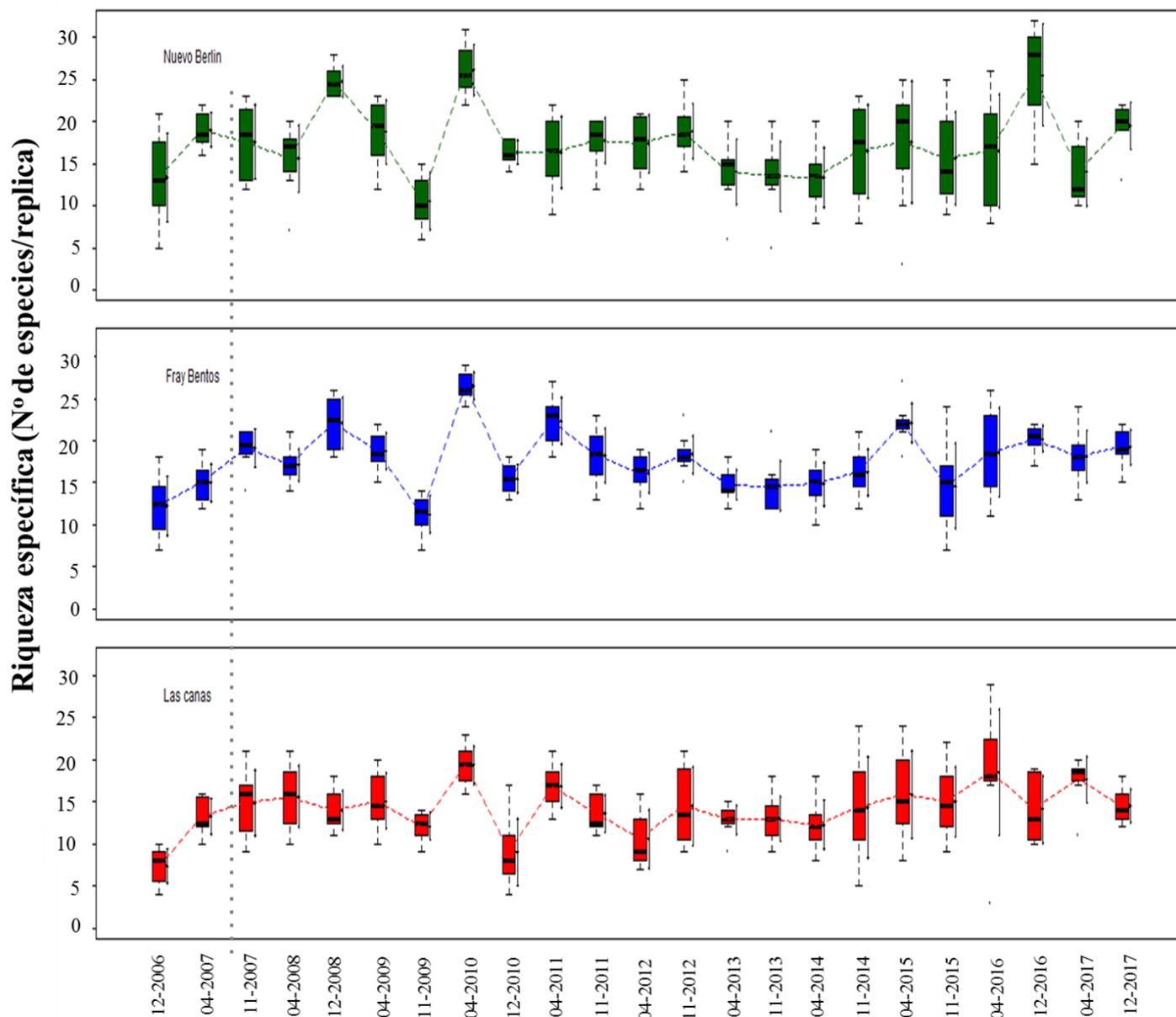
siendo significativamente menor siempre en Las Cañas (ANOVA,  $F = 30,08$ ;  $p < 0,001$ ) (Tabla 3, Fig. 2). Cabe destacar que estas diferencias entre los tres sitios ya se encontraron en los estudios de línea de base (Tana, 2007), y no han cambiado luego de la puesta en marcha de la planta de UPM S.A. (Tabla 3).

La CPUE en términos de abundancia total no mostró variaciones estadísticamente significativas durante el período post-UPM en comparación con el período pre-UPM (línea de base) (ANOVA,  $F = 0,67$ ;  $p = 0,41$ ; Fig. 3, Tabla 3). En el caso de la comparación entre sitios de muestreo, se observa que CPUE abundancia total fue mayor en Fray Bentos, manteniéndose similares entre la zona de Las Cañas y Nuevo Berlín (ANOVA,  $F=38,73$ ;  $p<0,001$ ). Sin embargo, en el período pre-UPM las abundancias en Nuevo Berlín y Fray Bentos eran aparentemente similares, y diferentes entre Nuevo Berlín y Las Cañas (siendo mayor en Nuevo Berlín), aunque dichas diferencias no fueron analizadas estadísticamente, por lo que no se puede establecer la magnitud de esas diferencias. En el período post-UPM, la abundancia en Fray Bentos es mayor que en Nuevo Berlín y Las Cañas, no difiriendo entre la zona de referencia y la receptora lejana (ANOVA,  $F = 4,09$ ;  $p = 0,020$  en la interacción sitio\*período; diferencias significativas entre estos sitios: Test *Post hoc* Tukey) (Tabla 3).

La CPUE en términos de biomasa tampoco mostró diferencias entre el período pre y post-UPM (ANOVA,  $F = 0,1$ ;  $p = 0,75$ ) pero sí mostró diferencias entre los tres sitios de estudio ( $F = 62,37$ ;  $p < 0,001$ ; ), siendo menor en las zona de Las Cañas, intermedia en Nuevo Berlín y máxima en Fray Bentos (Test *Post hoc* Tukey Figs. 4 y 5; Tabla 3), mismas tendencias a lo observado en muestreos anteriores (e.g. López-Rodríguez *et al.*, 2016a; López-Rodríguez *et al.*, 2017a). En el período pre-UPM la biomasa en Nuevo Berlín no difería de la biomasa en Fray Bentos ( $p > 0,05$ ), como sí sucede en el período post-UPM (ANOVA,  $F = 3,12$ ;  $p = 0,05$ , en la interacción sitio\*período; diferencias significativas entre estos sitios: Test *Post hoc* Tukey) siendo mayor en Fray Bentos. Esto podría ser producto del aumento en el número de muestreos en el período post-UPM (dos muestreos anuales), lo cual posibilita la detección estadística de diferencias más sutiles.

La consistencia en las oscilaciones temporales de las capturas en términos de riqueza, abundancia y biomasa de peces, sugiere que esta dinámica puede estar asociada a la variación en algunos parámetros ambientales (e.g. caudal del río), oscilando de forma similar en las tres áreas de estudio. Por ejemplo, las mayores capturas registradas durante el período de estudio ocurrieron en abril del

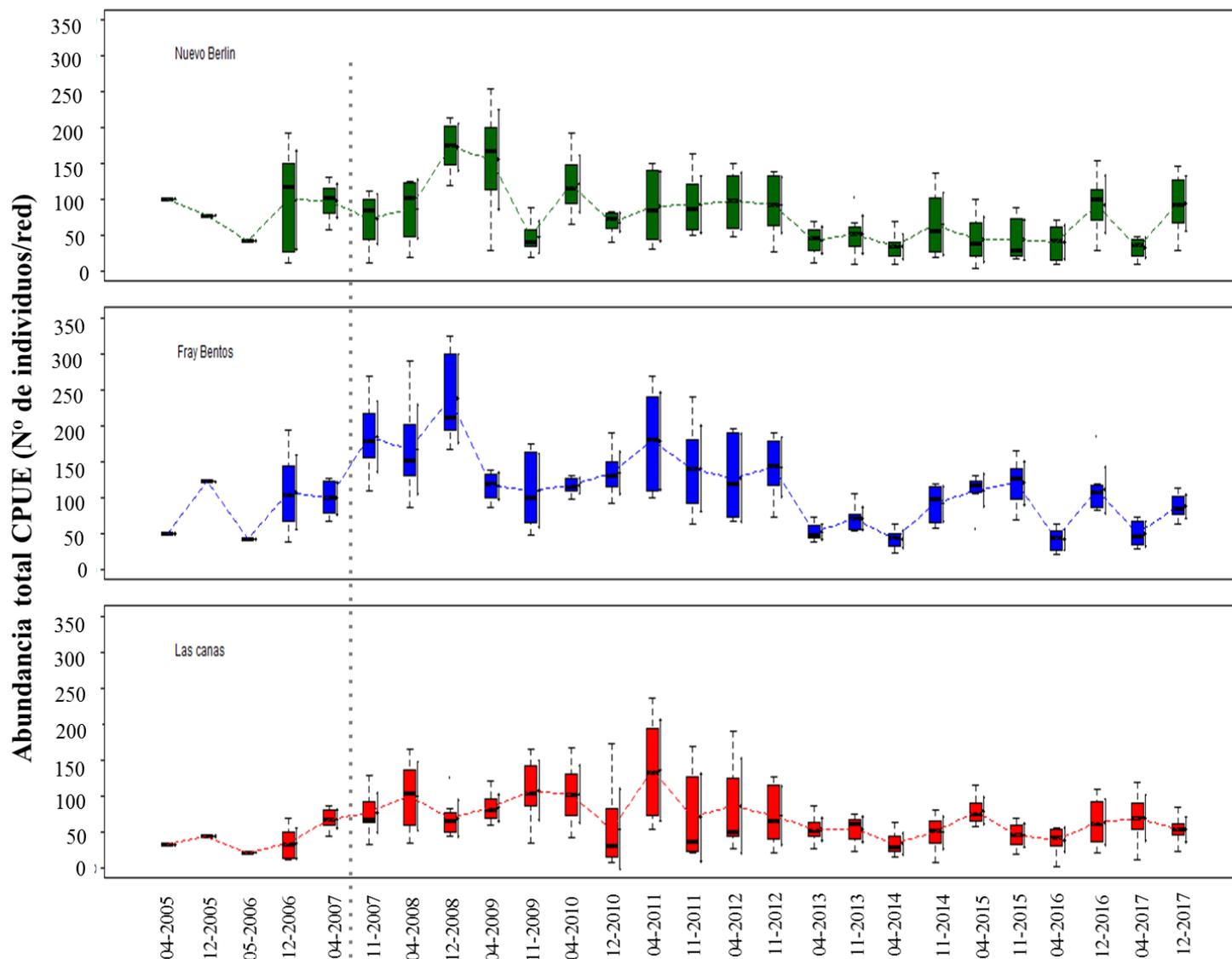
año 2010 luego de un pico máximo de caudal del río Uruguay registrado en la primavera-verano de 2009 (Fig. 5). Luego del aumento del nivel del río ocurrido entre diciembre 2015 y abril 2016, en el muestreo de diciembre 2016 se registró un pico en la biomasa de peces en los tres sitios de estudio (Fig. 5). Relaciones positivas entre el nivel del río y la abundancia de peces en sistemas cercanos como el río Paraná ha sido registrada para varias especies de peces de importancia comercial (e.g. Oldani, 1990; Stassen *et al.*, 2010), pero naturalmente, esta hipótesis resta ser analizada con nuestros datos.



**Figura 2.** Evolución de la riqueza específica de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (diciembre de 2017) en los tres sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal de cada muestreo ( $n = 8$  por sitio por muestreo). En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana de Las Cañas. La fecha de puesta en funcionamiento de la planta de UPM S.A. está indicada con línea punteada (noviembre 2007). Las líneas de los boxplots indican la mediana de los datos, la parte inferior de la caja indica el percentil 25 y la parte superior el percentil 75 y las líneas verticales de las cajas indican los valores máximos y mínimos encontrados para cada fecha de muestreo. Las líneas verticales a la izquierda de los boxplots indican la media y el desvío estándar.

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

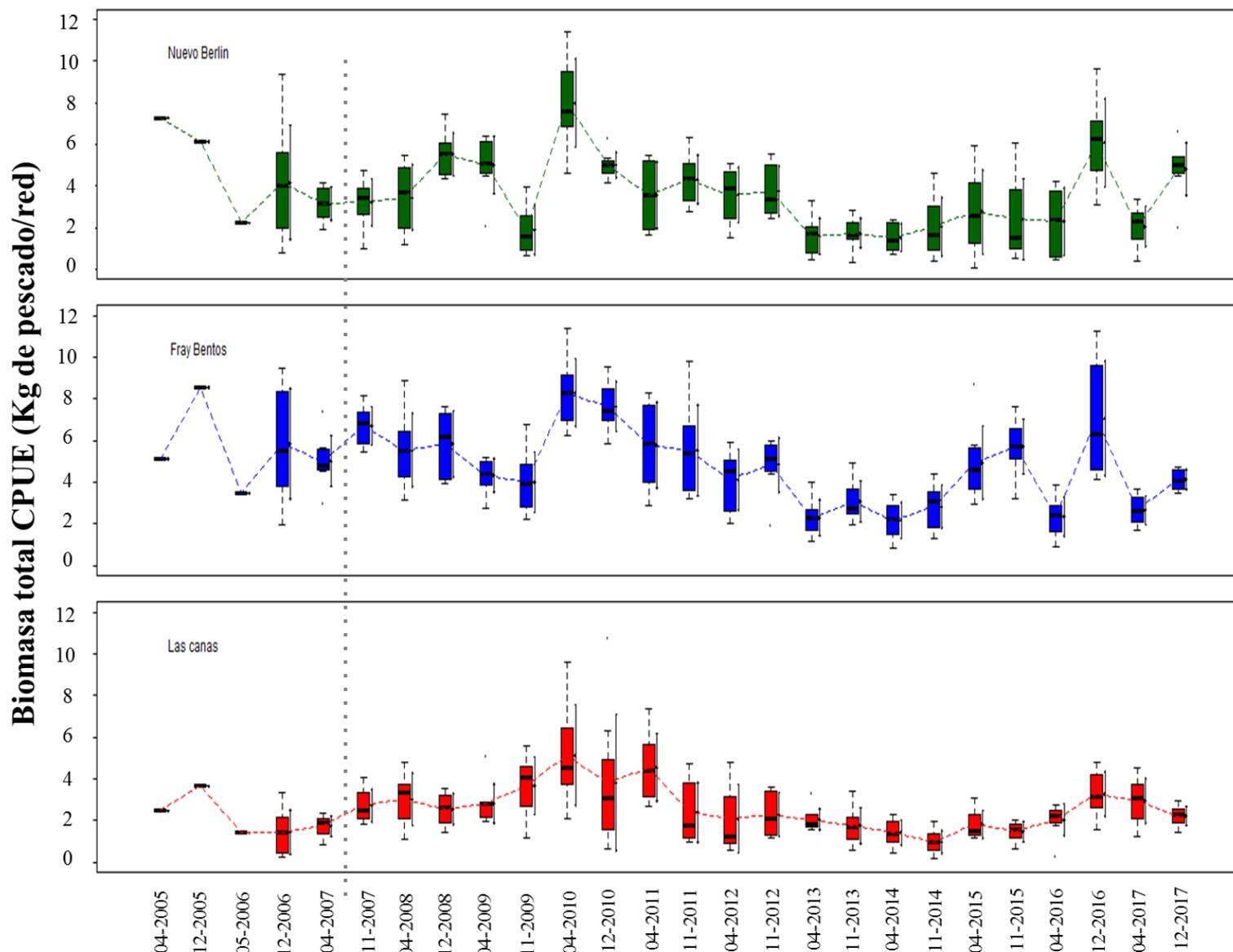


**Figura 3.** Evolución de la abundancia de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (diciembre de 2017) en los tres sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal de cada muestreo ( $n = 8$  por sitio por muestreo). En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana de Las Cañas. La fecha de puesta en funcionamiento de la planta de UPM S.A. está indicada con línea punteada (Noviembre 2007). Las líneas de los boxplots indican la mediana de los datos, la parte inferior de la caja indica el percentil 25 y la parte superior el percentil 75 y las líneas verticales de las cajas indican los valores máximos y mínimos encontrados para cada fecha de muestreo. Las líneas verticales a la izquierda de los boxplots indican la media y el desvío estándar.

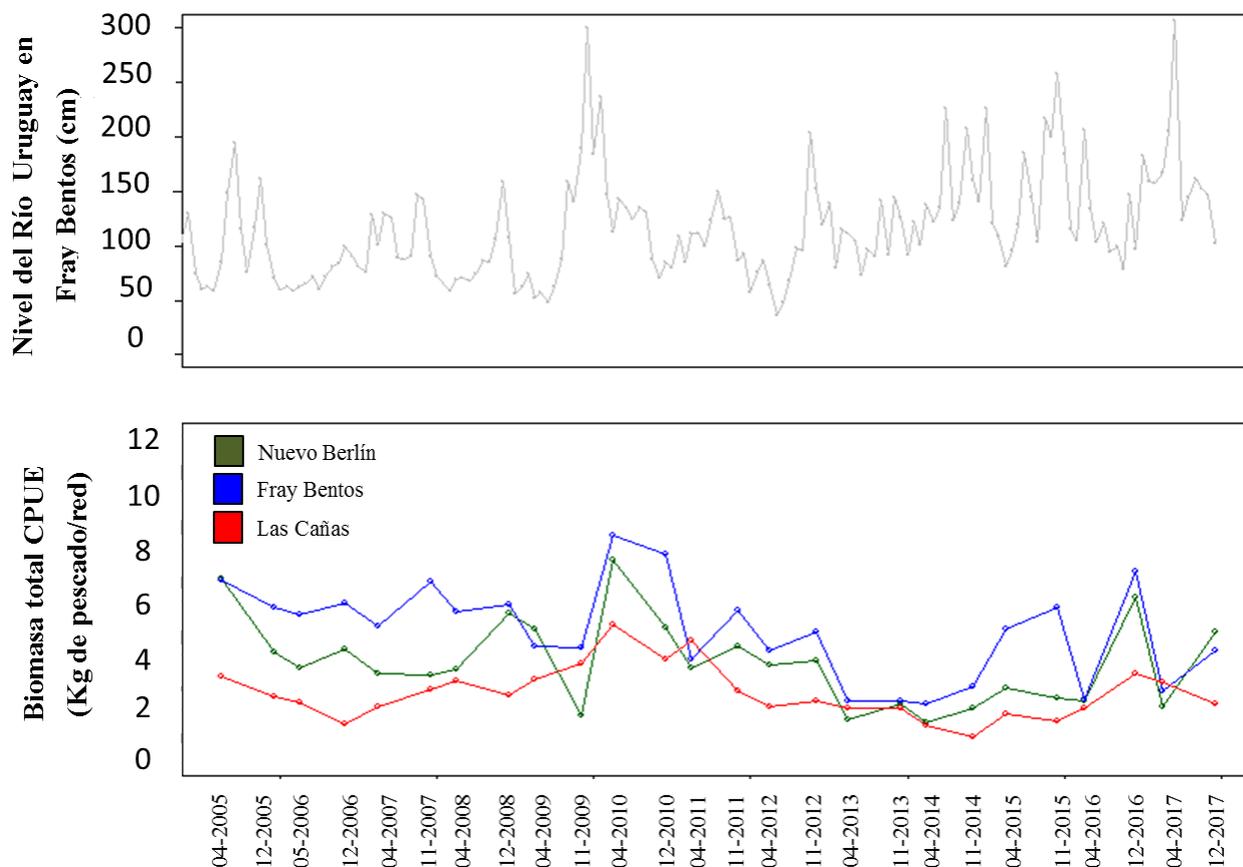
Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-

Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy



**Figura 4.** Evolución de la biomasa de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (diciembre de 2017) en los tres sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal de cada muestreo ( $n = 8$  por sitio por muestreo). En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana de Las Cañas. La fecha de puesta en funcionamiento de la planta de UPM S.A. está indicada con línea punteada (Noviembre 2007). Las líneas de los boxplots indican la mediana de los datos, la parte inferior de la caja indica el percentil 25 y la parte superior el percentil 75 y las líneas verticales de las cajas indican los valores máximos y mínimos encontrados para cada fecha de muestreo. Las líneas verticales a la izquierda de los boxplots indican la media y el desvío estándar.



**Figura 5.** Variaciones en el caudal del Río Uruguay (arriba, nivel del río medido en Fray Bentos, en cm.) y evolución de la biomasa de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (diciembre de 2017) (abajo). En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas.

### Período diciembre 2017

#### ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES

Durante el presente período de monitoreo fueron colectadas un total de 61 especies entre los tres sitios, encontrándose 46 especies en Nuevo Berlín, 38 en Fray Bentos y 29 en Las Cañas (Tabla 2, Apéndice 1). Los valores de Nuevo Berlín y Fray Bentos son más altos que los obtenidos en el monitoreo previo llevado a cabo en abril, mientras que en Las Cañas el número de especies se mantuvo igual (López-Rodríguez *et al.*, 2017a). Por otra parte, todas las especies colectadas coinciden con las registradas previamente, incluyendo los estudios de línea de base (Tana, 2007, 2013, 2014; González-Bergonzoni *et al.* 2015a, 2016a, López-Rodríguez *et al.*, 2016a, 2017a)

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

(Apéndice 2). El número total de especies colectadas durante este programa de monitoreo se detallan en el Apéndice 1.

En términos de biomasa total colectada (considerando el total de las 16 redes colocadas por sitio entre los dos días de muestreo, en los tres sitios de estudio), se encontrará a *M. obtusidens*, *I. labrosus*, *P. lineatus*, *C. argenteus*, *P. valenciennes*, *L. melanochelius* y *C. platanus* como las especies más importantes, superando los 10,0 Kg por red. Sin embargo, a pesar de estar presentes en todos los sitios, muestran diferentes proporciones en cada uno de ellos (Tabla 2). De éstas, cabe destacar que *Megaleporinus obtusidens* (Boga, anteriormente *Leporinus obtusidens*) fue la especie que presentó mayor biomasa total (más de 47,0 Kg, representando el 42% del total colectado; Tabla 2, Figura 6). A pesar de repetirse el patrón del muestreo pasado, con esta especie como dominante en biomasa, cabe resaltar que la biomasa capturada en este muestreo representa el doble que durante el muestreo de abril de 2017 y es muy similar a la encontrada en diciembre de 2016 (López-Rodríguez *et al.*, 2016a, 2017a). En general, altas biomásas encontradas pueden responder al aumento del caudal en el año previo a los muestreos, lo cual podría favorecer el reclutamiento de esta especie, ya que un mayor caudal permitiría la conexión del cauce principal con planicies de inundación (e.g. Esteros de Farrapos, Río Negro, Uruguay). Cuando se analizan los sitios por separado, se observa que *M. obtusidens* fue la especie dominante en términos de biomasa únicamente en Nuevo Berlín (más de 39,0 kg, representando un 52 % de la biomasa total en esa localidad; Tabla 2). Esta alta biomasa en Nuevo Berlín podría deberse a que este punto se encuentra aguas debajo de Esteros de Farrapos, sitio que podría estar actuando como fuente de juveniles, propagándose estos hacia aguas abajo. Por su parte, en Fray Bentos existió una dominancia en términos de biomasa de *P. valenciennes* (más de 11,0 kg, correspondiente al 17% de la biomasa en ese punto de muestreo; Tabla 2). Finalmente, en Las Cañas se destaca a *P. lineatus* como la especie con mayor biomasa (más de 8,0 kg y 24% del total), seguida por *M. obtusidens* (ca. 5,0 kg y representando el 14% del total de la biomasa de Las Cañas) (Tabla 2).

Por otra parte, cabe resaltar la elevada biomasa de *I. labrosus* considerando los tres sitios de muestreo, la cual representa un total de ca. 19,0 kg, siendo con este valor la segunda especie más importante en términos de biomasa. Esta biomasa es similar a la encontrada en el muestreo previo en diciembre de 2016 (López-Rodríguez *et al.*, 2016a). Cuando se analizan los sitios por separado, se observa que, esta especie fue la segunda más abundante en términos de biomasa en Nuevo Berlín y Fray Bentos, y tercera en Las Cañas (6,0 kg, 8,0 kg y 4,5 kg, respectivamente). Esta especie fue

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: [passer@fcien.edu.uy](mailto:passer@fcien.edu.uy)

la más representada en términos de abundancia total, representando aproximadamente el 16% de los individuos colectados (Tabla 2, Figura 6).

Durante el presente monitoreo se han observado algunos patrones que tienden a ser estacionales en las capturas y que parecen repetirse con varias especies a lo largo de todo el período de estudio (e.g. Apendice 2). En este sentido, observamos que la abundancia y biomasa de *P. valenciennis* mostró un comportamiento similar que en muestreos previos, fluctuando de menores a mayores cantidades en los muestreos de otoño a primavera, respectivamente, durante básicamente todos los monitoreos efectuados hasta el momento. Las fluctuaciones observadas podrían corresponder a migraciones reproductivas y/o alimenticias de esta especie durante primavera. Es importante mencionar que durante los muestreos de primavera las hembras de esta especie se encuentran con gónadas muy desarrolladas y ovocitos bien diferenciados, indicando la proximidad del período reproductivo.

A lo largo de todos los años de estudio y en forma general, la abundancia y biomasa de especies piscívoras tales como *Acestrorhynchus pantaneiro* (dientudo paraguayo) disminuyen en los muestreos de primavera (e.g. González-Bergonzoni *et al.*, 2015) (e.g. Apendice 2). Sin embargo, la biomasa del dientudo paraguayo presentó valores que parecen asemejarse (*ca.* 4,0 kg en el presente muestreo vs. 4,3 kg en muestreo anterior (abril 2017)) a los encontrados en el muestreo de otoño anterior (abril 2017) (López-Rodríguez *et al.*, 2017a). Estas dinámicas diferentes en las abundancias en *A. pantaneiro* se vienen observando desde el muestreo de diciembre de 2016 (López-Rodríguez *et al.*, 2016a), donde esta especie presentó valores más altos que durante los muestreos de otoño y podrían responder a cambios en las ventanas temporales en las que ocurren las crecidas del río.

**Tabla 2.** Resumen de las capturas de peces en el presente período de estudio (diciembre 2017) en las zonas de Nuevo Berlín, Fray Bentos, Las Cañas y en el total de los tres sitios, listado por especie. Se reporta la abundancia total (“AB total”, en número de individuos), abundancia relativa (“AB rel”, en proporción de la abundancia total), biomasa total (“BM total”, en gramos) y biomasa relativa (“BM rel”, en proporción de la biomasa total). Las especies se encuentran ordenadas de forma decreciente de acuerdo a su importancia en biomasa total colectada en los tres sitios.

Especie	Nuevo Berlín		Fray Bentos		Las Cañas		Totales	
	AB total (AB rel.)	BM total (BM rel.)	AB total (AB rel.)	BM total (BM rel.)	AB total (AB rel.)	BM total (BM rel.)	AB total (AB rel.)	BM total (BM rel.)
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	168(0,11)	39825,9(0,52)	23(0,02)	2882,5(0,04)	28(0,03)	4897(0,14)	219(0,06)	47605,4(0,27)
<i>Iheringichthys labrosus</i>	159(0,12)	6107,2(0,08)	280(0,2)	8315,28(0,13)	151(0,18)	4482,1(0,13)	590(0,16)	18904,58(0,11)
<i>Prochilodus lineatus</i>	5(0,003)	1885(0,02)	24(0,02)	4769(0,07)	26(0,03)	8440,4(0,24)	55(0,01)	15094,4(0,08)
<i>Cynopotamus argenteus</i>	91(0,06)	8433,5(0,115)	77(0,05)	4232,4(0,06)	16(0,02)	1173,7(0,03)	184(0,05)	13839,6(0,08)
<i>Parapimelodus valenciennes</i>	17(0,01)	963,3(0,01)	269(0,19)	11543,8(0,17)	4(0,005)	280,3(0,008)	290(0,07)	12787,4(0,07)
<i>Loricariichthys melanocheilus</i>	12(0,008)	1746,1(0,02)	43(0,03)	5914,1(0,09)	28(0,03)	4366,5(0,12)	83(0,02)	12026,7(0,07)
<i>Cyphocharax platanus</i>	7(0,005)	226(0,003)	158(0,11)	9456,6(0,14)	17(0,02)	611,5(0,017)	182(0,05)	10294,1(0,06)
<i>Astyanax sp.</i>	(0)	(0)	162(0,12)	1386,6(0,02)	374(0,44)	2650,2(0,07)	536(0,14)	4036,8(0,02)
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	16(0,01)	2403(0,03)	10(0,007)	1383,2(0,02)	2(0,002)	132,4(0,004)	28(0,007)	3918,6(0,02)
<i>Luciopimelodus pati</i>	(0)	(0)	3(0,002)	2708(0,04)	2(0,002)	802(0,02)	5(0,001)	3510(0,02)
<i>Pimelodus maculatus</i>	(0)	(0)	6(0,004)	2738(0,04)	(0)	(0)	6(0,002)	2738(0,02)
<i>Pellona flavipinnis</i>	2(0,001)	736,5(0,01)	2(0,001)	317(0,005)	5(0,006)	1443(0,04)	9(0,002)	2496,5(0,01)
<i>Apareiodon affinis</i>	206(0,14)	1967,3(0,03)	8(0,006)	53,7(0,0008)	56(0,07)	449,6(0,01)	270(0,07)	2470,6(0,01)
<i>Pachyurus bonariensis</i>	30(0,02)	946,7(0,01)	35(0,02)	730,3(0,01)	20(0,02)	771,8(0,02)	85(0,02)	2448,8(0,01)
<i>Serrasalmus maculatus</i>	5(0,003)	669,9(0,009)	15(0,01)	1425,2(0,02)	(0)	(0)	20(0,005)	2095,1(0,01)
<i>Astyanax spp.</i>	243(0,16)	1976,9(0,03)	(0)	(0)	(0)	(0)	243(0,06)	1976,9(0,01)
<i>Loricariichthys anus</i>	(0)	(0)	1(0,0007)	819(0,01)	1(0,001)	910(0,03)	2(0,0005)	1729(0,01)
<i>Potamotrygon brachyura</i>	(0)	(0)	1(0,0007)	1690(0,03)	(0)	(0)	1(0,0003)	1690(0,01)
<i>Pimelodus absconditus</i>	39(0,03)	1688,3(0,02)	(0)	(0)	(0)	(0)	39(0,01)	1688,3(0,01)
<i>Pygocentrus nattereri</i>	(0)	(0)	5(0,004)	1651(0,02)	(0)	(0)	5(0,001)	1651(0,01)
<i>Hoplias malabaricus</i>	(0)	(0)	1(0,0007)	383(0,006)	1(0,001)	773(0,02)	2(0,0005)	1156(0,006)
<i>Astyanax abramis</i>	20(0,01)	512,5(0,007)	15(0,01)	320,4(0,005)	11(0,01)	270,3(0,008)	46(0,01)	1103,2(0,006)
<i>Lycengraulis grossidens</i>	11(0,007)	178,2(0,002)	40(0,03)	513,8(0,008)	20(0,02)	350(0,01)	71(0,02)	1042(0,006)
<i>Cynopotamus argenteus</i>	(0)	(0)	(0)	(0)	13(0,02)	1022,9(0,03)	13(0,003)	1022,9(0,006)
<i>Ricola macrops</i>	14(0,009)	716,9(0,009)	3(0,002)	277,9(0,004)	(0)	(0)	17(0,005)	994,8(0,006)
<i>Pimelodella gracilis</i>	142(0,09)	812,5(0,01)	16(0,01)	121,3(0,002)	5(0,006)	33,2(0,0009)	163(0,04)	967(0,005)
<i>Ageneiosus inermis</i>	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0,001)	927(0,03)	1(0,0003)	927(0,005)
<i>Hypostomus commersoni</i>	(0)	(0)	1(0,0007)	878(0,01)	(0)	(0)	1(0,0003)	878(0,005)
<i>Ageneiosus militaris</i>	3(0,001)	691,5(0,009)	(0)	(0)	(0)	(0)	3(0,0008)	691,5(0,004)
<i>Brochiloricaria</i>	2(0,001)	683(0,009)	(0)	(0)	(0)	(0)	2(0,0005)	683(0,004)
<i>Paraloricaria vetula</i>	3(0,002)	421(0,005)	1(0,0007)	189,6(0,003)	(0)	(0)	4(0,001)	610,6(0,003)
<i>Hypostomus laplatae</i>	(0)	(0)	1(0,0007)	137,7(0,002)	1(0,001)	405(0,01)	2(0,0005)	542,7(0,003)
<i>Galeocharax humeralis</i>	8(0,005)	531,7(0,007)	(0)	(0)	(0)	(0)	8(0,002)	531,7(0,003)
<i>Ricola macrops</i>	8(0,005)	515,4(0,007)	(0)	(0)	(0)	(0)	8(0,002)	515,4(0,003)
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	2(0,001)	283,5(0,004)	1(0,0007)	227(0,003)	(0)	(0)	3(0,0008)	510,5(0,003)

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-

Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

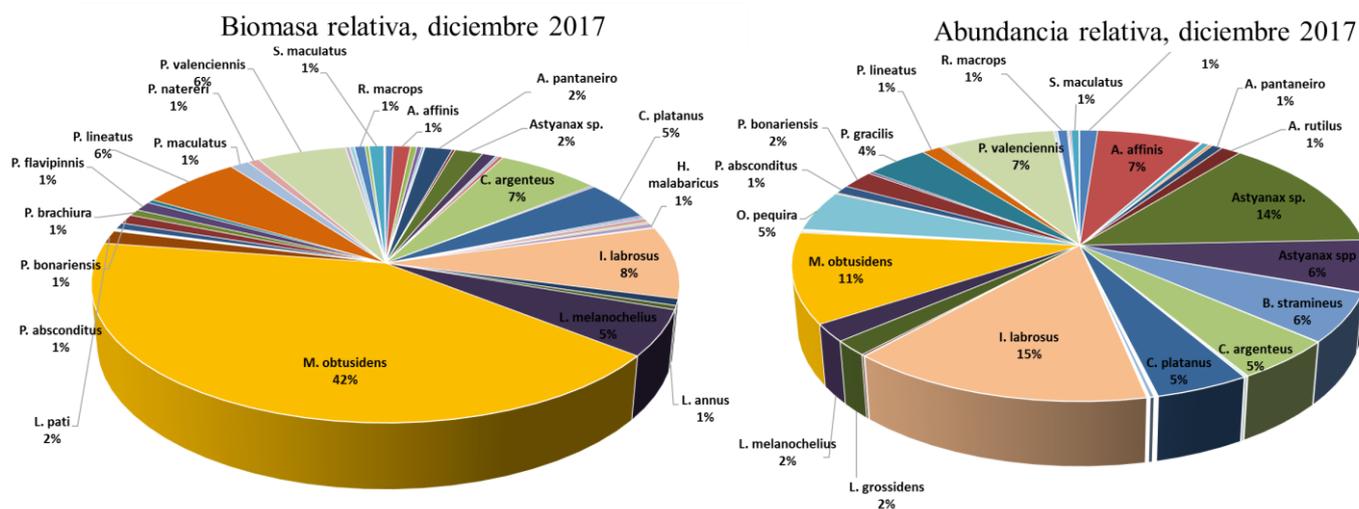
Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.  
Diciembre, 2017

<i>A. rutilus</i>	51(0,03)	424,6(0,006)	(0)	(0)	(0)	(0)	51(0,01)	424,6(0,002)
<i>Catathyridium jenynsii</i>	2(0,001)	386,7(0,005)	(0)	(0)	(0)	(0)	2(0,0005)	386,7(0,002)
<i>Crenicichla vittata</i>	1(0,0006)	267(0,003)	1(0,0007)	119,5(0,002)	(0)	(0)	2(0,0005)	386,5(0,002)
<i>Bryconamericus stramineus</i>	182(0,12)	282,5(0,003)	34(0,02)	61,4(0,0009)	15(0,02)	26,6(0,0008)	231(0,06)	370,5(0,002)
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	(0)	(0)	19(0,01)	305,7(0,004)	(0)	(0)	19(0,005)	305,7(0,002)
<i>Odontostilbe pequirá</i>	24(0,02)	24,2(0,0003)	128(0,09)	218(0,003)	38(0,04)	40,2(0,001)	190(0,05)	282,4(0,002)
<i>H. roseopunctatus</i>	1(0,0006)	253(0,003)	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0,0003)	253(0,001)
<i>Schizodon platae</i>	1(0,0006)	159,6(0,002)	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0,0003)	159,6(0,0009)
<i>Odontesthes perugiae</i>	(0)	(0)	4(0,003)	145,5(0,002)	2(0,002)	11,7(0,0003)	6(0,002)	157,2(0,0009)
<i>Auchenipterus osteomystax</i>	(0)	(0)	9(0,006)	148,6(0,002)	(0)	(0)	9(0,002)	148,6(0,0008)
<i>Oligosarcus jenynsii</i>	3(0,002)	104,3(0,001)	1(0,0007)	2,4(0,00004)	1(0,001)	10,9(0,0003)	5(0,001)	117,6(0,0007)
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	1(0,0006)	78(0,001)	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0,0003)	78(0,0004)
<i>Odontesthes humensis</i>	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0,001)	64,3(0,002)	1(0,0003)	64,3(0,0004)
<i>Steindachnerina brevipinna</i>	3(0,002)	41,4(0,0005)	1(0,0007)	22(0,0003)	(0)	(0)	4(0,001)	63,4(0,0004)
<i>Oligosarcus oligolepis</i>	2(0,001)	34(0,0004)	1(0,0007)	11,3(0,0002)	1(0,001)	17(0,0005)	4(0,001)	62,3(0,0003)
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	2(0,001)	38,9(0,0005)	(0)	(0)	(0)	(0)	2(0,0005)	38,9(0,0002)
<i>Cyphocharax spilotos</i>	2(0,001)	34,5(0,0004)	(0)	(0)	(0)	(0)	2(0,0005)	34,5(0,0002)
<i>Eigenmannia virescens</i>	1(0,0006)	23,9(0,0003)	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0,0003)	23,9(0,0001)
<i>Loricariichthys edentatus</i>	2(0,001)	13,4(0,0002)	(0)	(0)	4(0,005)	8(0,0002)	6(0,002)	21,4(0,0001)
<i>Rhinodoras dorbignyi</i>	1(0,0006)	19,4(0,0003)	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0,0003)	19,4(0,0001)
<i>Leporinus striatus</i>	2(0,001)	9,4(0,0001)	1(0,0007)	9,4(0,0001)	(0)	(0)	3(0,0008)	18,8(0,0001)
<i>Crenicichla minuano</i>	4(0,003)	15,2(0,0002)	(0)	(0)	(0)	(0)	4(0,001)	15,2(0,00009)
<i>Auchenipterus osteomistax</i>	1(0,0006)	15(0,0002)	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0,0003)	15(0,00008)
<i>Crenicichla missionera</i>	2(0,001)	14,7(0,0002)	(0)	(0)	(0)	(0)	2(0,0005)	14,7(0,00008)
<i>R. parva</i>	2(0,001)	7,9(0,0001)	1(0,0007)	2,5(0,00004)	(0)	(0)	3(0,0008)	10,4(0,00006)
<i>Characidium tenue</i>	2(0,001)	3,3(0,00004)	(0)	(0)	(0)	(0)	2(0,0005)	3,3(0,00002)
<i>Cheirontinae</i>	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0,001)	0,9(0,00003)	1(0,0003)	0,9(0,000005)

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Igúá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-

Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy



**Figura 6:** Composición específica de la comunidad en términos de abundancia y biomasa relativa de cada especie colectada en diciembre 2017 en la suma de los tres sitios estudiados. Se omiten los valores inferiores al 1% para optimizar la visualización. Los detalles y datos específicos para cada sitio de muestreo se muestran en la Tabla 2.

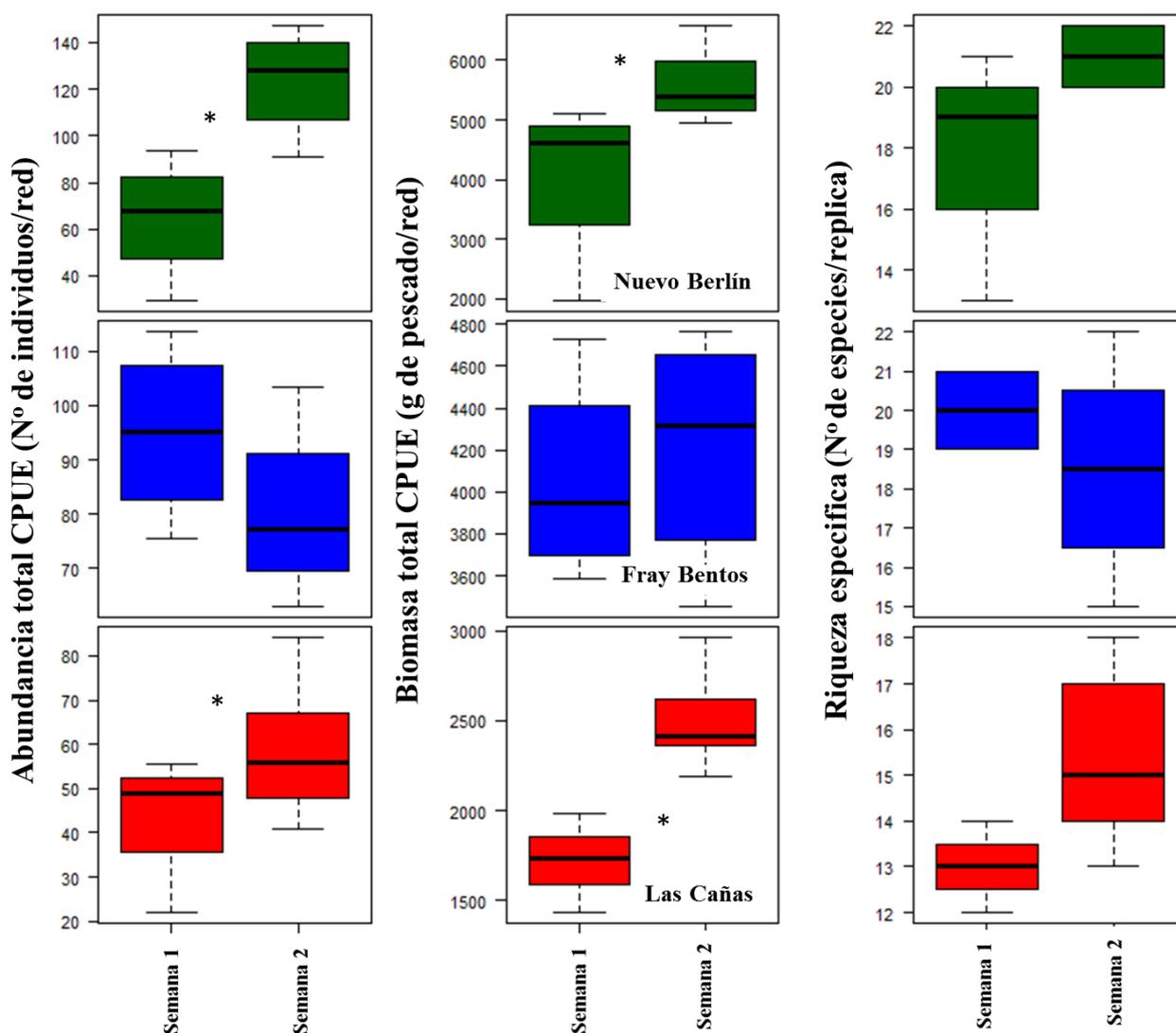
### Comparación de capturas entre ambientes y muestreos

Las capturas de peces, en términos de abundancia por red fue mayor en la segunda semana de muestreo, tanto para Nuevo Berlín ( $F = 9,94$ ;  $p < 0,05$ ) como para Las Cañas ( $F = 17,34$ ;  $p < 0,01$ ), mientras que no se hallaron diferencias significativas en Fray Bentos ( $p > 0,05$ ) (Tabla 3, Figura 7). En lo que refiere a la biomasa capturada, nuevamente encontramos diferencias entre semanas en Nuevo Berlín y Las Cañas, con el mismo patrón de aumento hacia la segunda semana ( $\chi^2 = 4,08$ ,  $p < 0,05$  en Nuevo Berlín;  $F = 13,33$ ,  $p < 0,05$  en Las Cañas. En Nuevo Berlín los datos no cumplieron con supuestos de ANOVA). En este caso, tampoco se hallaron diferencias entre semanas para la localidad de Fray Bentos ( $p > 0,05$ ) (Tabla 3; Figura 7).

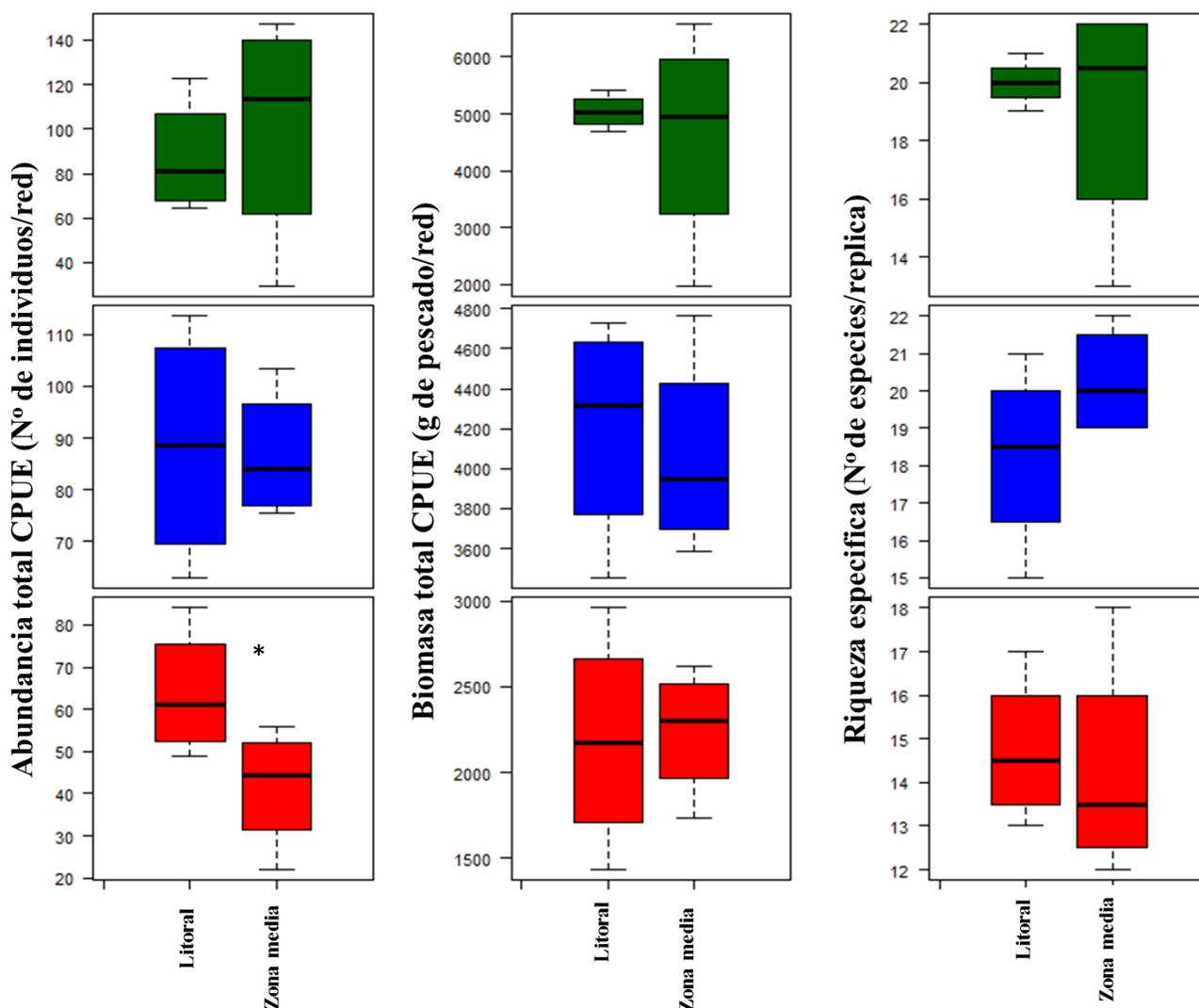
Finalmente, al comparar la riqueza de especies capturada entre semanas, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres sitios de muestreo (Tabla 3; Figura 7).

Por otra parte, al comparar las áreas muestreadas (litoral vs. zona media) se encontró únicamente diferencias en abundancia en la localidad de Las Cañas, siendo mayor en la zona litoral ( $F = 18.71$ ;  $p < 0,01$ ) (Tabla 3, Figura 8). No se encontraron diferencias ni entre biomasa ni riqueza en ninguno de las tres estaciones de muestreo (Tabla 3, Figura 8).

Las diferencias en el uso del espacio por la comunidad de peces en Las Cañas, con mayor abundancia presente en la zona litoral, pueden deberse a que las condiciones del ambiente son diferentes a las halladas en las otras zonas analizadas, siendo Las Cañas un sistema más abierto y con fondos arenosos donde el río es más ancho, pudiendo favorecer el uso diferencial del ambiente por parte de la comunidad, en comparación a los fondos predominantes con roca, limo y detrito en Nuevo Berlín y Fray Bentos (LATU, 2014).



**Figura 7.** Comparación CPUE (abundancia, biomasa total y riqueza específica capturada por red) entre los diferentes días de muestreo en cada sitio. En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas. Diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) se señalan con \*. Las líneas de los boxplots indican la mediana de los datos, las líneas verticales indican los valores máximos y mínimos encontrados para cada fecha de muestreo.



**Figura 8.** Comparación CPUE (abundancia, biomasa total y riqueza específica capturada por red) entre los diferentes hábitats muestreados en cada sitio. En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas. Diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) marcadas con \*. Las líneas de los boxplots indican la mediana de los datos, las líneas verticales indican los valores máximos y mínimos encontrados para cada fecha de muestreo.

### Comparación de capturas entre sitios

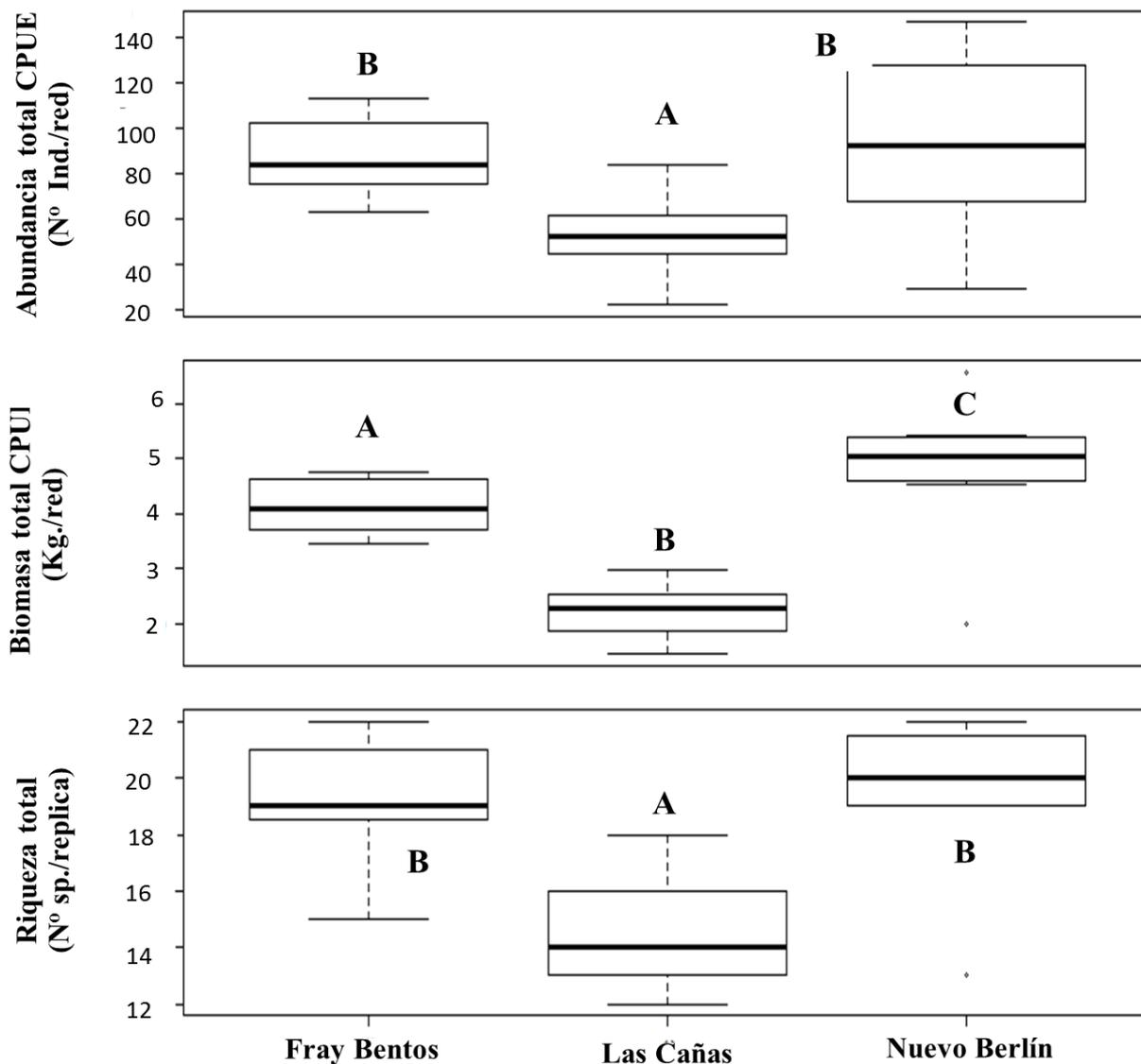
Al comparar las capturas, agrupando las zonas media y litoral de ambas semanas de muestreo, se observa que existieron diferencias entre las tres áreas en todos los parámetros tenidos en cuenta (abundancia, biomasa y riqueza de especies) (Figura 9, Tabla 3). En este sentido, se observaron diferencias en términos de abundancia entre Las Cañas y los otros dos sitios, presentando esta

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcién.edu.uy

localidad los valores más bajos (ANOVA,  $p < 0,05$ ) (Figura 9, Tabla 3). En el caso de la biomasa, se encontraron diferencias significativas entre los tres sitios de muestreo, siendo menor en Las Cañas, intermedio en Fray Bentos y mayor en Nuevo Berlín (K-W,  $p < 0,05$ ; diferencias entre sitios: Test *Post hoc* Mann Whitney). Finalmente, en lo que refiere a la riqueza específica, se encontró un menor número de especies en Las Cañas en comparación con Fray Bentos y Nuevo Berlín (ANOVA,  $p < 0,05$ ) (Figura 9, Tabla 3).

Estas diferencias en la riqueza específica son concordantes con muestreos previos, donde frecuentemente se ha encontrado una menor riqueza en la localidad de Las Cañas (e.g. López-Rodríguez *et al.*, 2016a).



**Figura 9.** Comparación de capturas de peces por unidad de esfuerzo en términos de abundancia (arriba); biomasa (centro) y riqueza específica (abajo) entre los diferentes sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal del muestreo ( $n = 8$  por sitio). Área referencia: Nuevo Berlín; área receptora inmediata: Fray Bentos; área receptora lejana: Las Cañas. Se observan diferencias significativas en los tres parámetros analizados. Véase la Tabla 3 por más detalles sobre los análisis estadísticos realizados. Las líneas de los boxplots indican la mediana de los datos, la parte inferior de la caja indica el percentil 25 y la parte superior el percentil 75 y las líneas verticales de las cajas indican los valores máximos y mínimos encontrados para cada sitio de muestreo

## COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN GENERAL DE LA ESPECIE SELECCIONADA COMO CENTINELA

La dominancia y frecuencia de ocurrencia de la especie centinela seleccionada, *I. labrosus*, en el sistema se mantiene desde los estudios de línea de base, donde esta especie fue elegida principalmente debido a estas características.

Durante este muestreo, al igual que en los anteriores, no hemos observado ningún tipo de deformidad o anomalía macroscópica en esta especie en ninguno de los tres sitios muestreados, lo cual, de encontrarse, podría sugerir un impacto sobre la fisiología y anatomía de los peces.

Al analizar la sub-muestra de hembras colectadas mayores a 13 cm de longitud estándar, observamos que los individuos presentan diferencias en su factor de condición (FC) entre las tres zonas de estudio (Kruskal-Wallis:  $\text{Chi}^2 = 34,32$ ;  $p < 0,05$ ; diferencias entre sitios: Test Post Hoc Mann Whitney) (Tabla 4). Esto significa que los ejemplares de *I. labrosus* de los tres sitios de estudio difieren en su relación largo-peso, siendo menor en Las Cañas, intermedio en Nuevo Berlín y mayor en Fray Bentos.

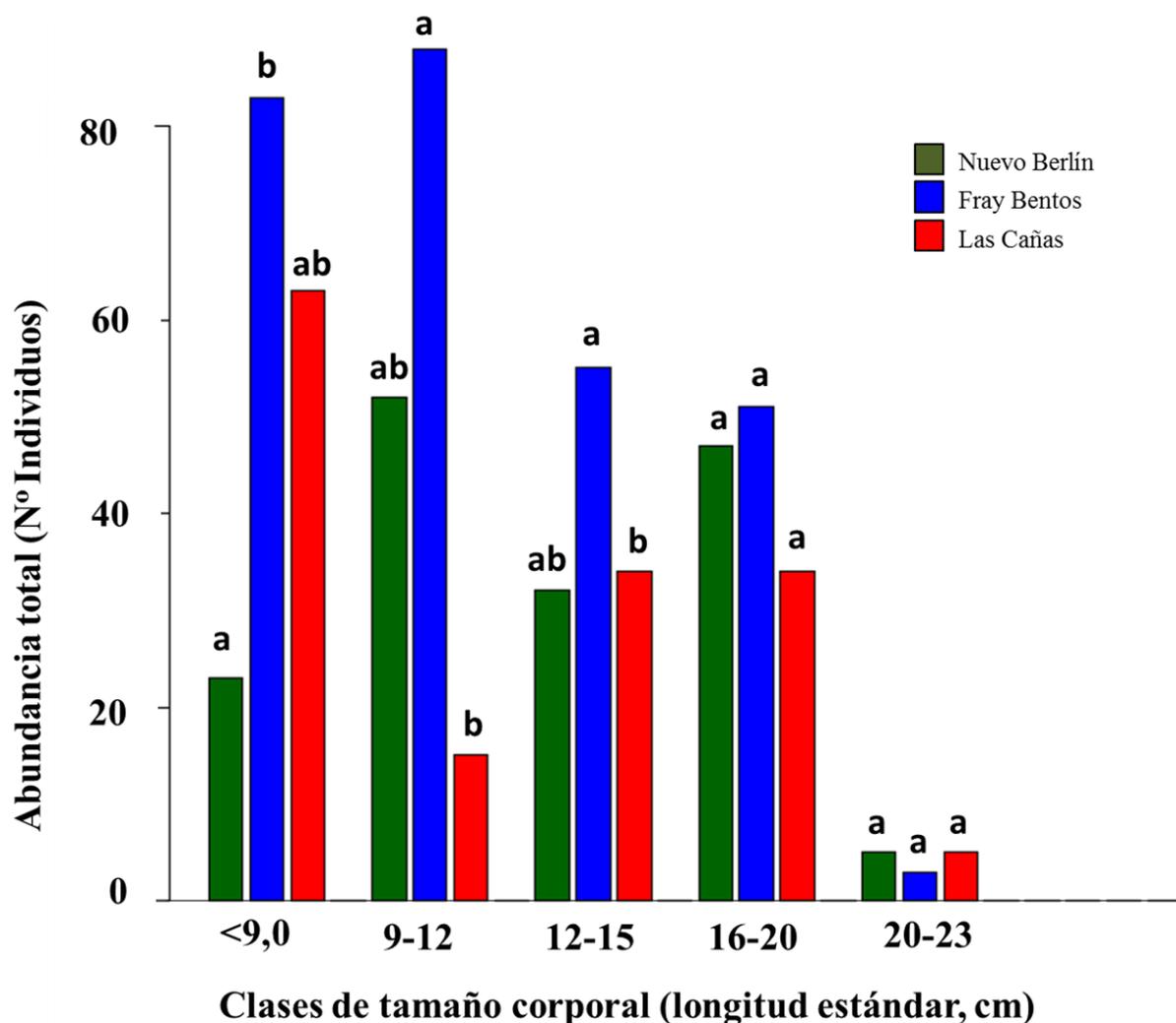
El IHS (índice hepatosomático) de los individuos de Nuevo Berlín en este muestreo ha sido significativamente mayor que en Las Cañas y Fray Bentos (Kruskal-Wallis:  $\text{Chi}^2 = 79,09$ ;  $p < 0,05$ ; diferencias entre sitios Test Post Hoc Mann Whitney; Tabla 4), sin encontrarse diferencias significativas entre estos dos últimos sitios. Este resultado refiere a que el peso de los hígados de los individuos en proporción a su masa corporal, es mayor en Nuevo Berlín. Estas diferencias suelen variar entre los sitios sin observarse un patrón fijo en los diferentes muestreos, encontrándose por ejemplo que en el muestreo de noviembre de 2015 y diciembre de 2016 el IHS fue mayor en Nuevo Berlín, mientras que en abril de 2016 el IHS fue mayor en Fray Bentos y en abril de 2017 fue mayor en Fray Bentos y Nuevo Berlín (sin diferencias entre ambos sitios) (Gonzalez-Bergonzoni *et al.*, 2015a, 2016a; López-Rodríguez *et al.*, 2016a, 2017a).

Por su parte, el IGS (índice gónado-somático), también fue significativamente mayor en Nuevo Berlín (Kruskal-Wallis:  $\text{Chi}^2 = 84,41$ ;  $p < 0,05$ , Test Post Hoc Mann Whitney; Tabla 4).

Muchos de los individuos poseían gónadas maduras, lo que corresponde a lo esperado para la primavera-verano, que es probablemente el período reproductivo de esta especie. El período reproductivo de esta especie comienza en agosto y se extiende hasta diciembre al norte de la cuenca del Río Paraná (de Santana et al., 2016), desde noviembre a diciembre en localidades ubicadas más al sur (Holzbach et al., 2009; Suzuki et al., 2013). Esto explicaría por lo tanto, valores de IGS e IHS mayores que en los muestreos de otoño (Tana, 2014; Gonzalez-Bergonzoni *et al.*, 2015b; López-Rodríguez *et al.*, 2016a, 2017a).

Al comparar la frecuencia de tallas de todos los individuos de *I. labrosus* colectados, observamos una dominancia de las tallas menores a 9 cm y principalmente las tallas entre 9 y 12 cm. (Figura 10), y podemos observar que en este muestreo se han colectado muy escasos individuos de tallas superiores a 20 cm.

Por otra parte, al comparar la frecuencia de tallas entre sitios, observamos diferencias en las tres categorías de tallas más pequeñas. En este sentido, se observa que existen más individuos de la clase de tallas <9 cm en Nuevo Berlín que en Fray Bentos, sin encontrarse diferencias entre Nuevo Berlín y Las Cañas ni entre Fray Bentos y Las Cañas (ANOVA:  $F = 7,2$ ;  $p < 0,05$ ; diferencias entre sitios Test *post hoc* Tukey) (Tabla 3, Fig. 10). En lo que refiere a la clase de talla de organismos de entre 9.1 y 12 cm se encontró una menor abundancia relativa en Las Cañas que en Fray Bentos (KW:  $\chi^2 = 5,96$ ;  $p = 0.05$ ; diferencias entre sitios Test *post hoc* Mann Whitney) (Tabla 3; Fig. 10). Finalmente, observamos una mayor abundancia de organismos comprendidos entre 12.1 y 15cm en Fray Bentos que en los otros dos sitios (ANOVA:  $F = 5,17$ ;  $p < 0.05$ ; diferencias entre sitios Test *post hoc* Tukey) (Tabla 3; Fig. 10).



**Figura 10.** Distribución de abundancia de clases de talla de individuos de *I. labrosus* en las tres zonas de estudio en el período de diciembre de 2017. En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas. Las letras sobre las barras indican las diferencias obtenidas mediante Test *Post Hoc*.

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.  
Diciembre, 2017

**Tabla 3.** Valores de tests estadísticos ANOVA ( $\alpha = 0,05$ ) realizados para comparar abundancias biomasa y riqueza específica de la comunidad de peces e indicadores de condición en la especie indicadora *I. labrosus*. Se detalla cada parámetro comparado y se reporta el valor p, el estadístico F o  $\chi^2$  y los grados de libertad de los residuos (g.l res) del test realizado y los resultados que son estadísticamente significativos se encuentran resaltados en negrita y resumidos.

Parámetro	Datos analizados	Período		Áreas		Interacción período-área			Semanas de muestreo		Habitats muestreados		Test estadístico utilizado	Resumen de diferencias en concentraciones
		Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor	g.l res						
Biomasa de peces CPUE	Período de estudio (2005-2017)	F=0.1	0.75	<b>F=62.37</b>	<b>2 X10<sup>-16</sup></b>	<b>F=3.12</b>	<b>0.05</b>	547					ANOVA factorial de 2 vías + Test Post Hoc-TukeyHSD	Menor en Las Cañas, intermedia en Nuevo Berlín y máxima en Fray Bentos
Abundancia de Peces CPUE	Período de estudio (2005-2017)	F=0.67	0.41	<b>F=38.73</b>	<b>2 X10<sup>-16</sup></b>	<b>F=4.09</b>	<b>0.02</b>	547					ANOVA factorial de 2 vías + Test Post Hoc-TukeyHSD	Siempre mayor en Fray Bentos
Número de especies CPUE	Período de estudio (2005-2017)	<b>F=4.66</b>	<b>0.03</b>	<b>F=30.8</b>	<b>2.11 X10<sup>-13</sup></b>	F=2.36	0.1	547					ANOVA factorial de 2 vías + Test Post Hoc-TukeyHSD	Mayor en el período post-UPM y siempre menor en Las Cañas
Biomasa de peces	dic-17			<b>Chi2=13.89</b>	<b>0.0009</b>								Kruskal Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	Menor en Las Cañas, intermedio en Fray Bentos y mayor en Nuevo Berlín
Abundancia de peces	dic-17			<b>F=5.48</b>	<b>0.01</b>								ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-TukeyHSD	Siempre menor en Las Cañas
Número de especies	dic-17			<b>F=10.97</b>	<b>0.0005</b>								ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-TukeyHSD	Siempre menor en Las Cañas
Área A--Biomasa de peces	Diciembre-2017-Nuevo Berlín								<b>Chi2=4.08</b>	<b>0.04</b>	Chi2=0.08	0.77	Kruskal Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	Mayor biomasa en segunda semana
Área A--Abundancia de peces	Diciembre-2017-Nuevo Berlín								<b>F=9.94</b>	<b>0.03</b>	F=0.518	0.504	ANOVA de 2 vías	Mayor abundancia en segunda semana
Área A--Número de especies	Diciembre-2017-Nuevo Berlín								<b>Chi2=3.11</b>	<b>0.07</b>	Chi2=0.02	0.88	Kruskal Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	No hay diferencias entre semanas de muestreo o habitats
Área B--Biomasa de peces	Diciembre-2017-Fray Bentos								F=0.151	0.74	F=0.121	0.713	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre semanas de muestreo o habitats
Área B--Abundancia de Peces	Diciembre-2017-Fray Bentos								F=1.30	0.31	F=0.016	0.9	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre semanas de muestreo o habitats
Área B--Numero de especies	Diciembre-2017-Fray Bentos								F=1.07	0.348	F=1.91	0.226	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre semanas de muestreo o habitats
Área C--Biomasa de peces	Diciembre-2017-Las Cañas								<b>F=13.33</b>	<b>0.01</b>	F=0.069	0.8	ANOVA de 2 vías	Mayor biomasa en la segunda semana
Área C--Abundancia de Peces	Diciembre-2017-Las Cañas								<b>F=17.34</b>	<b>0.009</b>	<b>F=18.71</b>	<b>0.008</b>	ANOVA de 2 vías	Mayor abundancia en zona litoral en la segunda semana
Área C--Numero de especies	Diciembre-2017-Las Cañas								F=3.88	0.106	F=0.151	0.714	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre semanas de muestreo o habitats
FC-Especie indicadora <i>I labrosus</i>	dic-17			<b>Chi2=34.32</b>	<b>3.52 X10<sup>-8</sup></b>								Kruskal Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	Mayor CF en Fray Bentos, intermedio en Nuevo Berlín y menor en Las Cañas
IHS-Especie indicadora <i>I labrosus</i>	dic-17			<b>Chi2=79.09</b>	<b>2.2 X10<sup>-16</sup></b>								Kruskal Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	Mayor IHS en Nuevo Berlín
IGS-Especie indicadora <i>I labrosus</i>	dic-17			<b>Chi2=84.41</b>	<b>2.2 X10<sup>-16</sup></b>								Kruskal Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	Mayor IGS en Nuevo Berlín
Clases de tallas <i>I labrosus</i> <9	dic-17			<b>F=7.2</b>	<b>0.01</b>								ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-TukeyHSD	Menores tallas en Nuevo Berlín
Clases de tallas <i>I labrosus</i> 9.1<x<12	dic-17			<b>Chi2=5.69</b>	<b>0.05</b>								Kruskal Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	Menores tallas en Las Cañas que en Fray Bentos
Clases de tallas <i>I labrosus</i> 12.1<x<15	dic-17			<b>F=5.17</b>	<b>0.04</b>								ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-TukeyHSD	Menores tallas en Las Cañas que en Fray Bentos
Clases de tallas <i>I labrosus</i> 15.1<x<20	dic-17			F=1.2	0.3								ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-TukeyHSD	No hay diferencias de tallas entre sitios
Clases de tallas <i>I labrosus</i> 20.1<x<23	dic-17			F=1.07	0.4								ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-TukeyHSD	No hay diferencias de tallas entre sitios

**Tabla 4.** Indicadores de estado de condición de *I. labrosus* en la zona referencia (Nuevo Berlín), zona receptora inmediata (Fray Bentos) y zona receptora lejana (Las Cañas). Los datos se muestran como promedio y desvío estándar del factor de condición (FC), índice hepato-somático (IHS) e índice gónado-somático (IGS) de hembras de las clases de tamaño mayores a 13 cm de longitud estándar. Con \* se indica el sitio y el índice para el cual se detectaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	Nuevo Berlín	Fray Bentos	Las Cañas
FC	1,22 ± 0,17 *	1,32 ± 0,12 *	1,20 ± 0,08 *
IHS	1,1 ± 1,04 *	0,61 ± 0,15	0,65 ± 0,5
IGS	2,44 ± 1,54 *	0,52 ± 0,23	0,57 ± 0,43

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente monitoreo de la comunidad de peces correspondiente a diciembre de 2017 sugiere que no existe una disminución en número de especies, biomasa o abundancia de peces en la zona receptora inmediata de efluentes con respecto a la zona de referencia luego de la puesta en marcha de UPM S.A. El número de especies es similar, i.e. sin diferencias estadísticas, entre las tres zonas de estudio: zona referencia (Nuevo Berlín) y la zona receptora inmediata (Fray Bentos). La abundancia y biomasa de peces ha sido mayor en la zona receptora inmediata que en la zona de referencia y receptora lejana, al igual que ha sucedido durante algunos de los períodos de estudio de línea de base.

A lo largo de los estudios de línea de base y monitoreos ambientales previos (2005-2017) los parámetros de la estructura comunitaria estudiados no han cambiado en las zonas receptoras del efluente. La riqueza específica de peces ha sido siempre menor en la zona receptora lejana, Las Cañas, probablemente debido a diferentes condiciones ambientales naturales. Por otra parte, mayores valores de riqueza específica han sido observados durante los monitoreos posteriores a la puesta en marcha de la planta de UPM S.A. en los tres sitios de estudio por igual, lo cual puede deberse simplemente a que al hacer un mayor esfuerzo de muestreo desde la instalación de la planta, haya sido posible la captura de un mayor número de especies. Además, desde los primeros estudios de línea de base, la abundancia de peces siempre ha sido mayor en la zona de referencia y en la zona receptora inmediata, y eso no ha cambiado luego de la puesta en marcha de la planta, período en el cual se han registrado incluso los mayores valores de

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

abundancias en los tres sitios de estudio. Algo similar ocurre con la biomasa de peces, siendo siempre superior en la zona receptora inmediata (junto con Nuevo Berlín en el período pre-UPM) y la menor en el área receptora lejana (localidad de Las Cañas). Este patrón de diferentes biomásas en los tres sitios se ha mantenido inalterado luego de la puesta en funcionamiento de UPM S.A. a lo largo de todos los períodos de muestreo (e.g. González-Bergonzoni *et al.*, 2015a, 2016a, López-Rodríguez *et al.*, 2016a, 2017a).

Las mayores abundancias y biomásas de peces hacia la zona receptora cercana (Fray Bentos), tanto durante todo el período como durante el presente estudio, son probablemente debido a que las características ambientales encontradas en dicha zona favorecen el mantenimiento de tales características en la comunidad de peces. Por ejemplo, el ambiente físico de la bahía y desembocadura del arroyo Yaguareté podría proporcionar recursos alimenticios y refugio particularmente a varias especies de peces, tanto en su fase adulta, como en sus estadios juveniles. Esto coincide con lo hallado en monitoreos de zoobentos, uno de los principales recursos alimenticios para los peces, donde las mayores abundancias y densidades de invertebrados son halladas en la zona de Fray Bentos (e.g. LATU, 2014). Además, esta zona es la que presenta el mayor contenido de materia orgánica en sedimento lo cual podría explicar las altas densidades de zoobentos y eventualmente representa una mayor oferta alimenticia para las especies de peces que explotan este recurso (iliófagas).

Considerando la escala temporal, han existido picos de captura (i.e. aumentos en las CPUE en abundancia y biomasa), por ejemplo durante abril del año 2010, los cuales luego disminuyeron levemente hasta valores cercanos a los hallados durante el estudio de línea de base.

La estructura de la comunidad de peces, en términos de riqueza y composición específica, se ha mantenido relativamente estable con las mismas 10 a 20 especies dominantes, estando presentes en la gran mayoría de los muestreos (e.g. frecuencia de ocurrencia pre y post-UPM >80%, Apéndice 2) y presentando leves variaciones en dominancia de una u otra especie en determinados momentos, posiblemente generados por factores ambientales o asociado a patrones migratorios de las diferentes especies (e.g. como se viene observando en general en

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

las especies *Parapimelodus valenciennis* y *Acestrorhynchus pantaneiro*) aunque estas variaciones no esten analizadas estadísticamente al detalle.

La condición general de los peces ha sido siempre buena, sin observación de deformidades o enfermedades visualmente notorias, a excepción de un individuo de la especie *M. obtusidens* del muestreo de abril 2017 (López-Rodríguez *et al.*, 2017a), el cuál mostró una deformidad en su aleta caudal. Sin embargo, dado que este individuo fue capturado en la zona de referencia, esto no podría ser atribuible a los efectos planta.

Los indicadores de condición de la especie centinela seleccionada, *I. labrosus*, mostraron diferencias entre los tres sitios. Por otra parte, suelen encontrarse algunas diferencias en los índices gonado- y hepato-somático entre zonas durante algunos muestreos particularmente en diciembre, momento previo al período reproductivo (Suzuki *et al.*, 2013), como por ejemplo en este período, siendo los individuos de la zona de referencia los de mayor IHS, siendo en otros períodos los de la zona receptora inmediata los que presentan mayor IHS (e.g. González-Bergonzoni *et al.*, 2016a). En el caso del índice gónado-somático, también se encontraron en este período diferencias entre sitios, con IGS mayor en la zona de referencia.

Durante monitoreos de exposición previos (2005- abril 2017), no se han encontrado valores de concentración de sustancias cloro-fenólicas, fito-esteroles o ácidos resínicos en bilis que sugieran un impacto de la planta de UPM S.A., y pudieran repercutir en indicadores de condición (e.g. IGS o IHS). Lo mismo sucedió con las concentraciones de Dioxinas y PCBs en músculo de esta especie (López-Rodríguez *et al.*, 2017b), siendo estos valores siempre bajos y estando por debajo de los límites máximos recomendados por organizaciones gubernamentales internacionales (Health-Canada, 2010).

Los resultados que se obtuvieron en este estudio sugieren que no existiría un impacto apreciable en la diversidad, abundancia y biomasa de la comunidad de peces en las zonas que reciben efluentes provenientes de la planta de UPM S.A., en Fray Bentos. No existen antecedentes de efectos negativos de efluentes de plantas de celulosa que usen la tecnología BAT sobre la comunidad de peces (EEM, 2010), y el presente monitoreo no representa una excepción.

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Los programas de biomonitoreo se realizan con el fin de evaluar periódicamente potenciales efectos nocivos y en caso de ser percibidos plantear estrategias para mitigarlos, informando sobre posibles efectos adversos e impactos para el ecosistema y la salud humana. En este sentido, el presente programa cumple con esa demanda desde su inicio con los estudios de línea de base en Abril de 2005, proveyendo información esencial para el diagnóstico ambiental del río Uruguay bajo en la zona de estudio. La obtención de nuevos datos posibilitará un estudio más detallado para evaluar cuáles son los factores ambientales que naturalmente ocasionan variaciones en la composición de la comunidad de peces en esta zona del río Uruguay. Continuar con el monitoreo permitirá conocer con mayor fidelidad las fluctuaciones en la riqueza, abundancia y biomasa de peces encontradas a lo largo de los años. Esto permitirá en cada vez poder ser más precisos en detectar un potencial impacto ambiental sobre la estructura de la comunidad de peces, al observar variaciones que se aparten de lo esperable dadas las condiciones ambientales naturales del río Uruguay. Este programa de biomonitoreo ha demostrado ser altamente adecuado y viable para ser llevado ante la implantación de nuevos y similares emprendimientos industriales en grandes ríos de nuestro país.

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anon 2001. European Commission: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC): Reference document on Best Available Techniques in the pulp and paper industry. December 2001.
- CELA 2006. Establecimiento de una línea de base de las comunidades de fitoplancton, zooplancton y bentos en el Río Uruguay (desde Nuevo Berlín a Las Cañas) Rio Negro – Uruguay. CELA report marzo 2006, Montevideo, Uruguay.
- Calvelo J., D'Anatro A., Vidal N., Teixeira de Mello F. & González-Bergonzoni I. 2013. Análisis de la estructura poblacional del bagre trompudo, *Iheringichthys labrosus* Lütken 1874 (Siluriformes: Pimelodidae), en la cuenca baja del Río Uruguay. Informe Técnico, 13 pp.
- D'Anatro, A., Vidal, N., González-Bergonzoni, I., Teixeira de Mello, F., Tana, J., Naya, D. 2013. Geographic and sasonal variation analysis of digestive morphology in the catfish *Iheringichthys labrosus* along lower Rio Uruguay. Open access animal physiology, 5:9-13.
- de Santana H. S., Rodrigues A. C. & Dei Tos C., 2016. Patterns of reproduction and growth of the catfish *Iheringichthys labrosus* (Lutken, 1874) after a reservoir formation. *J. Appl. Ichthyol*, 1, 8.
- EEM, C., 2010. Pulp and Paper environmental effects monitoring (EEM) technical guidance document. Environment Canada, 26.
- Froese, R., 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22:241–253.
- González-Bergonzoni, I., A. D'Anatro, S. Stebniki & F. Teixeira de Mello, 2015. Estructura comunitaria y diversidad de peces en el Río Uruguay: monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A, Noviembre 2015. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay: 29p.
- González-Bergonzoni, I., A. D'Anatro, S. Stebniki; Vidal, N & F. Teixeira de Mello, 2016a. Estructura comunitaria y diversidad de peces en el Río Uruguay: monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A, Abril 2016. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay: 45p.

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

- Heath-Canada, 2010. Current canadian objectives, guildelines and regulations (en línea). . Health Canada, Ottawa, Canada.
- Holzbach A. J., Gubiani É. A. & Baumgartner G.. 2009. *Iheringichthys labrosus* (Siluriformes: Pimelodidae) in the Piquiri River, Paraná, Brazil: population structure and some aspects of its reproductive biology. *Neotropical Ichthyology*, 7: 55-64.
- Masdeu M., Teixeira de Mello, F., Loureiro M. & Arim M. 2011. Feeding habits and morphometry of *Iheringichthys labrosus* (Lütken, 1874) in the Uruguay River (Uruguay). *Neotropical Ichthyology*, 9, 657-664.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Labotatorio Tecnológico del Uruguay (LATU). 2014. Informe de ensayo No1418554, Muestreo biológico. Agosto 2014. Montevideo, Uruguay 22p.
- Litz, T.O. & S. Koerber, 2014: Check List of the Freshwater Fishes of Uruguay (CLOFFUY). *Ichthyological Contributions of Peces Criollos* 28: 1-40.
- López-Rodríguez, A., González-Bergonzoni, I., A. D'Anatro, S. Stebniki, Vidal, N. & F. Teixeira de Mello, 2016a. Estructura comunitaria y diversidad de peces en el Río Uruguay: monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A, Diciembre 2016. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay: 45p.
- López-Rodríguez, A., González-Bergonzoni, I., S. Stebniki, Vidal, N., Teixeira de Mello, F. & A. D'Anatro, 2017a. Estructura comunitaria y diversidad de peces en el Río Uruguay: monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A, Abril 2017. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay: 48p.
- López-Rodríguez, A; González-Bergonzoni, I., Stebniki, S., Vidal, N., Teixeira de Mello, F. & A. D'Anatro, 2017b. Monitoreo de exposición: monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A, Abril 2017. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay: 75p.
- López-Rodríguez, A; González-Bergonzoni, I., Stebniki, S., Vidal, N., Teixeira de Mello, F. & A. D'Anatro, 2017c. Monitoreo de exposición: monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A, Abril 2017. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay, *en preparación*.

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

- Oldani N. O. 1990 Variaciones de la abundancia de peces del valle del río Paraná (Argentina) Rev. Hydrobiol. Trop. 23 (1): 67-76.
- Stassen, M. J. M., M. W. P. M. van de Ven, T. van der Heide, M. A. G. Hiza, G. van der Velde, & A. J. P. Smolders. 2010. Population dynamics of the migratory fish *Prochilodus lineatus* in a Neotropical river: the relationships with river discharge, flood pulse, El Niño and fluvial megafan behaviour. Neotropical Ichthyology 8:113-122.
- Suzuki F. M., Garcia D. A. Z. & Orsi M. L., 2013. Reproductive Dynamics of *Iheringichthys labrosus* (Lütken, 1874)(Teleostei, Pimelodidae), in the Capivara Reservoir, Paranapanema River, Parana, Brazil. *Dataset Papers in Science, 2013*.
- Tana, J., 2007. Studies on fish community and species diversity in Rio Uruguay prior to the planned Botnia pulp mill. Fifth test fishing period, April 2007. ÅF-Enprima report, June 2007, Vantaa, Finland.
- Tana, J., 2012. Fish community and species diversity in Rio Uruguay. Monitoring studies in the recipient of Botnia pulp mill, April 2012. ÅF-Consult report, ENVIR-275. June 2012.
- Tana, J., 2013. Fish community and species diversity in Rio Uruguay. Monitoring studies in the recipient of Botnia pulp mill, December 2012. ÅF-Consult report, ENVIR-454. February 2013.
- Tana J., 2014. Fish community and species diversity in Rio Uruguay. Monitoring studies in the recipient of Botnia pulp mill, April 2014. ÅF-Consult report. June 2014.
- Teixeira de Mello, F., I. González-Bergonzoni & M. Loureiro, 2011. Peces de agua dulce del Uruguay. , Montevideo, Uruguay.
- Underwood, A., 1991. Beyond BACI: Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. Marine and Freshwater Research 42(5):569-587
- Wootton R.J. 1991. Ecology of teleost fishes., Chapman and Hall, London.

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017

## APÉNDICE 1

**Tabla 1.** Listado de especies de peces colectadas durante todos los períodos de monitoreo de la comunidad de peces.

Clasificación taxonómica de los peces colectados				
Orden	Familia	Especie	Nombre común	
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus lacustris</i>	Boga	
		<i>Megaleporinus obtusidens</i>	Boga; Bogón	
		<i>Leporinus striatus</i>	Trompa roja	
		<i>Leporellus pictus</i>	Boga rayada	
		<i>Schizodon borelli</i>	Boga lisa	
		<i>Schizodon nasutus</i>	Boga	
		<i>Schizodon platae</i>	Boga lisa	
		<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	Dientudo paraguayo	
		Characidae	<i>Astyanax abramis</i>	Mojarra
			<i>Astyanax spp</i>	Mojarra
	<i>Brycon orbignyanus</i>		Salmon	
	<i>Bryconamericus iheringii</i>		Mojarra	
	<i>Bryconamericus stramineus</i>		Mojarra	
	<i>Charax stenopterus</i>		Mojarra transparente	
	<i>Cheirodon interruptus</i>		Mojarra	
	<i>Cynopotamus argenteus</i>		Dientudo jorobado	
	<i>Galeocharax humeralis</i>		Dientudo jorobado	
	<i>Hyphessobrycon meridionalis</i>		Mojarra	
	<i>Odontostilbe pequirá</i>		Mojarra	
	<i>Oligosarcus jenynsi</i>		Dientudo	
	<i>Oligosarcus oligolepis</i>		Dientudo	
	<i>Pygocentrus nattereri</i>		Piraña Negra	
	<i>Raphiodon vulpinus</i>		Chafalote	
	<i>Roeboides bonariensis</i>		Dientudo jorobado	
	<i>Roeboides affinis</i>		Dientudo jorobado	
	<i>Salminus maxillosus</i>		Dorado	
	<i>Serrasalmus marginatus</i>	Piraña, Palometa amarilla		
	<i>Serrasalmus maculatus</i>	Piraña, Palometa		
<i>Triportheus paramensis</i>	Mojarra			

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017

Continuación de Tabla 1			
Orden	Familia	Especie	Nombre común
	<i>Crenuchidae</i>	<i>Characidium rachovii</i>	Tritolo
		<i>Characidium tenue</i>	Tritolo
		<i>Characidium zebra</i>	Tritolo
	<i>Curimatidae</i>	<i>Cyphocharax platanus</i>	Sabalito plateado
		<i>Cyphocharax saladensis</i>	Sabalito
		<i>Cyphocharax spilotos</i>	Sabalito
		<i>Cyphocharax voga</i>	Sabalito
		<i>Steindachnerina brevipinna</i>	Sabalito
	<i>Erithrinidae</i>	<i>Hoplias malabaricus</i>	Tararira
	<i>Parodontidae</i>	<i>Apareiodon affinis</i>	Violito, Virolo
	<i>Prochilodontidae</i>	<i>Prochilodus lineatus</i>	Sábalo
<b>Siluriformes</b>	<i>Aspredinidae</i>	<i>Bunocephalus coracoideus</i>	Guitarrita
		<i>Pseudobunocephalus iheringii</i>	Guitarrita
	<i>Auchenipteridae</i>	<i>Ageineiosus inermis</i>	Mandubá
		<i>Ageineiosus militaris</i>	Manduví
		<i>Auchenipterus nuchalis</i>	Buzo
		<i>Auchenipterus osteomystax</i>	Buzo
		<i>Trachelypterus galeatus</i>	Torito
		<i>Trachelypterus teaguei</i>	Torito
	<i>Callichthyidae</i>	<i>Callichthys callichthys</i>	Cascarudo
		<i>Hoplosternum litorale</i>	Cascarudo
		<i>Corydoras paleatus</i>	Limpia fondo
	<i>Doradidae</i>	<i>Pterodoras granulosus</i>	Armado común
		<i>Rhinodoras dorbignyi</i>	Armado marieta
	<i>Heptapteridae</i>	<i>Rhamdia quelen</i>	Bagre sapo/negro
	<i>Loricariidae</i>	<i>Brochiloricaria sp.</i>	Vieja de agua
		<i>Hisonotus sp.</i>	
		<i>Hypostomus alatus</i>	Vieja
		<i>Hypostomus commersonii</i>	Vieja de agua
		<i>Hypostomus aspilogaster</i>	Vieja del Vieja
		<i>Hypostomus luteomaculatus</i>	Vieja de agua
		<i>Hypostomus laplatae</i>	Vieja del agua
		<i>Loricarichthys anus</i>	Vieja de agua
		<i>Rineloricaria parva</i>	Vieja de agua

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017

		<i>Loricariichthys edentatus</i>	Vieja de agua
		<i>Loricariichthys platymetopon</i>	Vieja de agua
<b>Continuación de Tabla 1</b>			
<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
		<i>Loricariichthys melanochelius</i>	Vieja de agua
		<i>Otocinclus flexilis</i>	Limpiavidrios
		<i>Pseudohemiodon sp.</i>	Vieja de agua
		<i>Paraloricaria vetula</i>	Vieja de cola
		<i>Rhinelepis aspera</i>	Vieja de agua
		<i>Ricola macrops</i>	Vieja de agua
		<i>Rinelocaria sp.</i>	Vieja de agua
	<i>Pimelodidae</i>	<i>Iheringichthys labrosus</i>	Bagre trompudo
		<i>Luciopimelodus pati</i>	Patí
		<i>Parapimelodus valenciennis</i>	Bagarito
		<i>Pimelodus absconditus</i>	Bagre blanco
		<i>Pimelodella australis</i>	Bagre
		<i>Pimelodella gracilis</i>	Bagre cantor
		<i>Pimelodus maculatus</i>	Bagre amarillo
		<i>Pseudoplatystoma coruscans</i>	Surubi
		<i>Sorubim lima</i>	Cucharón
	<i>Pseudopimelodidae</i>	<i>Pseudopimelodus mangurus</i>	Manguruyú
		<i>Microglanis sp.</i>	Manguruyú
	<i>Trichomictoridae</i>	<i>Homodietus sp</i>	Sanguijuela
		<i>Parastegophilis sp.</i>	Chupa-chupa
<b>Perciformes</b>	<i>Cichlidae</i>	<i>Crenicichla minuano</i>	Cabeza amarga
		<i>Crenicichla misionera</i>	Cabeza amarga
		<i>Crenicichla scottii</i>	Cabeza amarga
		<i>Crenicichla sp</i>	Cabeza amarga
		<i>Crenicichla vittata</i>	Cabeza amarga
		<i>Gymnogeophagus australis</i>	Castañeta
	<i>Scianidae</i>	<i>Pachyurus bonariensis</i>	Corvina de río
<b>Gymnotiformes</b>	<i>Sternopygidae</i>	<i>Eigenmania trilineata</i>	Banderita
		<i>Eigenmania virescens</i>	Banderita ratona
	<i>Gymnotidae</i>	<i>Gymnotus sp.</i>	Morena
	<i>Hypopomidae</i>	<i>Brachyhypopomus sp</i>	Morena
<b>Clupeiformes</b>	<i>Clupeidae</i>	<i>Lycengraulis grossidens</i>	Anchoa de río

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017

		<i>Pellona flavipinnis</i>	Lacha
		<i>Platanichthys platana</i>	Sardina
<b>Continuación de Tabla 1</b>			
<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
		<i>Ramnogaster melanostoma</i>	Mandufia
<b>Atheriniformes</b>	<i>Atherinopsidae</i>	<i>Odontesthes humensis</i>	Pejerrey
		<i>Odontesthes perugiae</i>	Pejerrey juncalero
<b>Synbranchiformes</b>	<i>Synbranchidae</i>	<i>Synbranchus marmoratus</i>	Anquilla
<b>Pleuronectiformes</b>	<i>Achiridae</i>	<i>Catathyridium jenynsi</i>	Lenguado de río
<b>Rajiformes</b>	<i>Potamotrigonidae</i>	<i>Potamotrygon brachyurus</i>	Raya de río

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

**APÉNDICE 2.**

**Tabla 2.** Abundancia total colectada y frecuencia de ocurrencia de cada especie colectada durante el período de estudio 2005-2017. Se muestra la abundancia total colectada por año desglosada en el muestreo estacional: otoño (O) y primavera (P) de cada año. La frecuencia de ocurrencia representa el % de los muestreos en los que cada especie se colectó y se desglosa en todo el período (Total), el período de línea de base (Pre-UPM) y monitoreos posteriores a la puesta en marcha de UPM S.A. (Post UPM). Las especies presentes en más del 90% de los muestreos se marcan en negrita y aquellas únicamente presentes en un muestreo, en cursiva. Las especies más frecuentes en los muestreos pre-UPM (F.O.> 90%) siguen siendo las más frecuentes en los monitoreos Post-UPM.

Especies	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		TOTAL	Pre-UPM	Post-UPM
	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	F.O. (%)	F.O. (%)	F.O. (%)	
<b>Astyanax sp.</b>	67	127	46	90	194	635	1521	1131	395	1	249	1074	1124	977	835	1177	290	307	219	990	368	286	55	582	301	100	100	100	
<b>Cynopotamus argenteus</b>	149	23	10	4	109	38	106	49	121	11	125	3	112	12	72	17	77	5	124	62	102	17	67	41	160	100	100	100	
<b>Iheringichthys labrosus</b>	559	687	364	1982	1830	1443	1535	1654	1416	965	580	877	1008	730	1129	828	804	796	462	419	1077	571	352	565	610	100	100	100	
<b>Lycengraulis grossidens</b>	27	40	23	19	315	85	168	137	415	187	68	1	729	181	516	496	300	202	169	260	421	288	83	26	121	100	100	100	
<b>Pachyurus bonariensis</b>	109	215	130	297	379	206	296	257	295	460	55	49	258	78	316	269	193	427	160	100	195	241	162	89	311	100	100	100	
<b>Paraloricaria vetula</b>	45	35	16	95	104	30	50	55	91	132	27	9	62	20	17	22	34	31	36	17	19	22	86	15	22	100	100	100	
<b>Parapimelodus valenciennes</b>	30	258	19	523	265	1535	562	1746	287	1425	331	290	165	341	165	443	67	217	35	381	49	1024	116	491	107	100	100	100	
<b>Prochilodus lineatus</b>	1	15	2	2	1	25	12	24	4	6	664	260	63	61	9	11	14	7	16	3	78	1	14	276	30	100	100	100	
<b>Apareiodon affinis</b>	161	78	83	121	159	328	391	793	1585		215	33	648	304	297	170	75	70	189	348	361	93	5	87	16	97	100	97	
<b>Leporinus obtusidens</b>	72	35	24	6	31	176	70	61	55		171	370	155	144	87	83	36	40	39	38	59	27	7	330	143	97	100	97	

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017

<i>Loricariichthys melanocheilus</i>	10	16	155	216	132	103	136	76	295	77	64	37	86	48	128	29	124	17	63	65	208	80	85	34	97	86	100	
<i>Pimelodella gracilis</i>	13	5	24	112	96	160	251	341	52	653	71	75	107	48	22	140	23	56	44	135	99	68	190	108	97	86	100	
<i>Astyanax abramis</i>	34	51	6	7		48	65	234	18		151	26	10	11	9	12	4	1	13	35	65	13	4	83	8	95	86	97
<i>Luciopimelodus pati</i>	4	3	1	4	8	9	8	6	13	15	41	3	10		5	9	1	2	7	2	5	6	2	1	95	100	94	
<i>Hypostomus commersoni</i>	6	7	21	6	1	10	7	5		8	10	3	6	1	3	2	6	9	2		1	2	3	1	92	86	94	
<i>Pellona flavipinnis</i>	6	22	3		23		8	16	5	6		2	6	1	7	34	25	10	8	29	21	21	10	1	1	92	86	94
<i>Cyphocharax platanus</i>	17		73	4		91	204	22		125	592	892	573	288	320	82	68	33	39	76	41	67	412	184	89	71	94	
<i>Salminus brasiliensis</i>	5	5	3		1	3	4	48	10	3	91	13	16	7	3		4		5	3	10	1		2	2	89	86	90
<i>Catathyrnidium jenynsii</i>	4	1	1	2	3	1	5		2	2	1		1	1	1	2		2		1	1	1	2		1	87	100	84
<i>Eigenmannia virescens</i>	1	4		2	4	2	2	3	2	1	2			9	1	9		3		5	2	4	2	7	1	87	86	87
<i>Ricola macrops</i>				57		61	29	60	116	278	76	4	62	33	17	19	20	30	3	18	5	28	149	12	47	87	29	100
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	30	19	4		8	2	2	3	3		297	1	3	29		4			9	15	137	7	48	130	15	84	86	84
<i>Bryconamericus stramineus</i>				168	84	73	80	318	88	4	48		686	667	216	316	71	28	21	91	24	10		29	2	84	43	94
<i>Serrasalmus maculatus</i>	4	2		1	8	1	1	4	1		139	56	20	13	3	6	1				18	1	4	34	1	84	86	84
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	2	15	1	1	1		2	4	21		1		11	1	18	4	4		3	1	36	4	9			82	100	77
<i>Leporinus striatus</i>				3	62	12	2	15	28	1	76	4	2	4	7		11	8	3	5	41	10	2	8		82	43	90
<i>Loricariichthys edentatus</i>				31	40	56	27	23	23	207	37	6	5	4	2	23	10	23	3	5	1	3		7		82	43	90
<i>Ageneiosus militaris</i>	4			1	2	5		3	1		22	3	2				1	5	4	13	2	15	46	5	20	79	71	81
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	4	1	1		19	1	9		19		43		20		15		13		17	1	19		11	3	3	79	86	77
<i>Odontostilbe pequirá</i>					100	11	20		2	6	62	16	209		113	4	109	9	195	167	157	1	264	2		76	0	94
<i>Cyphocharax spilotos</i>				5	3	44	14	4	10		10	80	35	1		1		1		9	1	32	13	39		74	43	81
<i>Hoplias malabaricus</i>	1		3		1	2	1		1		10	3	3	2	2				3		2		2		3	71	71	71

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017

Odontesthes humensis	1						20	24		4	2	3	59	35	26	2	1	1		2		5	1	68	29	77		
Pimelodus sp.	3	29	4	6	23	23	37	104	30	24	890		40	16		7	6	5						68	100	61		
<i>Steindachnerina brevipinna</i>	106	50	13	4			1	1			13	2					1	1	5	21	14	10	44	3	68	86	65	
Loricariichthys anus	51						1	1	3		1		2	1	3		5	3	4		3		2	2	66	29	74	
<i>Rhinodoras dorbignyi</i>		3	29	6	11	4		13	15	1	1	1								2	7	49	10	1	63	57	65	
Crenicichla misionera			3	6	8	12	23	14				2	2	12	10	10		2	1	4					61	43	65	
Pimelodus maculatus			8									86	3		14	10	7	5	12	7	7	16	70	40	5	61	29	68
Homodiaetus sp.				21		18	3	3	2			1					6	6	4	3			1	2	55	14	65	
Oligosarcus oligolepis												3	2		7	66	37	17	15	21		4	9	15	1	53	0	65
<i>Schizodon nasutus</i>	29	3	7		1		1				1		1						1	1	8		6		53	71	48	
Crenicichla vittata			1				1	3	2	1			1	1	1				1		2		1			50	29	55
Hypostomus aspilogaster					2	1	1	2	2	3	1	1		3							1	1	3			50	14	58
Odontesthes perugiae							20	56	2		2	3	18	31	13			6		7			4			50	0	61
Oligosarcus sp.	23	9		3	9	23	19	165	44	5	12		27	8												50	86	42
Crenicichla minuano			14				3	17	4			2	1		5	12		4		1						47	29	52
Potamotrygon brachyura					1		2		1		1		1		2			1	1				1			47	0	58
<i>Pygocentrus nattereri</i>	5		1	3	1		5				1				2						1	7	1			47	71	42
Brycon orbignyanus	8	1		3	1	1				13	2		1										19	2		42	57	39
Loricariichthys sp.				130	20				2	1	4		1				1		5					1		42	14	48
Pimelodus absconditus						10				1	1									17	16	8	9	32	6	42	0	52
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	1		1	2						33	1	4								4		5	1			42	71	35
Cyphocharax voga	50								1	1					1	1	7	17			2					37	29	39

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy



Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017

Gymnotus carapo	2								1	1	16	29	13
Hoplosternun littorale								1	1	7	16	0	19
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>					15	5	1	2			16	0	19
<i>Sorubim lima</i>		1			16					1	16	0	19
Auchenipterus osteomystax									1	1		4	16
Gymnogeophagus australis		2	13	8							13	0	16
<i>Pterodoras granulosus</i>	2				20	1					13	29	10
<i>Reoboides bonariensis</i>								1		1	4	16	13
<i>Trachelyopterus teaguei</i>									3		4	1	16
Characidium tenue									7	5	11	0	13
Charax stenopterus							1		1		11	0	13
Cheirodon interruptus	16		1								11	29	6
Crenichla scotti							1			1	11	0	13
Gymnotus sp.	1				1						11	29	6
Hypostomus luteomaculatus	2						1				11	29	6
Microglanis										1	1	11	13
<i>Pseudohemiodon sp.</i>	3	1									11	43	3
<i>Pseudobunocephalus iheringii</i>									1	2	8	0	10
<i>Brachyhypopomus sp.</i>									1		5	0	6
<i>Bunocephalus coracoides</i>											1	5	6
<i>Callichthys callichthys</i>					6						5	0	6

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017

<i>Characidium rachovii</i>		1	5	0	6
<i>Corydoras paleatus</i>			2	5	0
<i>Crenicichla lepidota</i>	3			5	29
<i>Cyphocharax saladensis</i>		1		5	0
<i>Eigenmannia trinileata</i>			4	5	0
<i>Hisonotus sp.</i>		11		5	0
<i>Hyphessobrycon meridionalis</i>		1		5	0
<i>Hypostomus derbyi</i>		1		5	0
<i>Hypostomus laplatanus</i>			1	5	0
<i>Hypostomus microstomus</i>			1	5	0
<i>Hypostomus sp.</i>		1		5	0
<i>Leporellus pictus</i>			1	5	0
<i>Leporinus lacustris</i>		2		5	0
<i>Loricarrichtys platymetopon</i>			1	5	0
<i>Odontesthes sp.</i>	3			5	29
<i>Pachyurus bonariensis</i>			1	5	0
<i>Paraloricaria vetula</i>			1	5	0
<i>Pseudohemiodon devincenzii</i>			1	5	0
<i>Pseudopimelodus mangurus</i>			1	5	0
<i>Pseudopimelodus mangurus</i>		1		5	0
<i>Rhinelepis aspera</i>		1		5	0
<i>Rhoeboides affinis</i>			9	5	0

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: passer@fcien.edu.uy

Monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A.

Diciembre, 2017

<i>Roeboides paranannus</i>				1	5	0	6
<i>Synbrabchus marmoratus</i>	1				5	0	6
<i>Triporteus sp.</i>		2			5	0	6

Anahí López-Rodríguez<sup>2</sup>, Ivan González-Bergonzoni<sup>1</sup>, Samanta Stebniki<sup>1</sup>, Nicolás Vidal<sup>1</sup>, Franco Teixeira de Mello<sup>2</sup> y Alejandro D'Anatro<sup>1\*</sup>

1-Laboratorio de Evolución y Sistemática, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Mataojo C.P. 11400 Montevideo; 2-CURE-Facultad de Ciencias; \*e-mail: [passer@fcien.edu.uy](mailto:passer@fcien.edu.uy)