

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



Autores:

Iván González-Bergonzoni

Alejandro D'Anatro

Samanta Stebniki

Nicolás Vidal

Franco Teixeira de Mello.

Colaboradores:

Giancarlo Tesitore

Ivana Silva

Juan Manuel Martinez

Maite Burwood

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.

Abril 2016

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), brindada por Facultad de Ciencias a pedido de UPM.

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

Páginas 35

Figuras 10

Tablas 4

Apéndices 2

Imagen de tapa: Ejemplares de *Brycon orbignyanus* capturados en los muestreos de abril 2016.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	4
METODOLOGÍA	6
DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA Y EFLUENTES	6
PERÍODOS Y ÁREA DE ESTUDIO	8
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
PERÍODO 2005-2016	13
PERÍODO ABRIL 2016	19
CONDICIÓN DE LA ESPECIE INDICADORA	27
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
APÉNDICES	36

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 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 finalmente la zona de Las Cañas, siendo una zona receptora lejana, localizada aproximadamente 15 Km aguas abajo de la descarga de efluentes. Este programa de monitoreo se lleva 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 planta, 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 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, también se ha constatado 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 ambientales independientes de las actividades de la planta de UPM S.A. Además no se han observado deformaciones o anomalías macroscópicas en peces durante estos estudios y no se han constatado diferencias sistemáticas en la condición (e.g., factor de condición e índice hepato y gonado-somático) de los peces entre las tres zonas (Tana, 2007, 2014, González-Bergonzoni *et al.* 2016a). 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.* 2015a 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, a nivel poblacional se deben monitorear 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 anteriormente a la extinción de una especie, aunque los cambios observados a nivel comunitario no siempre se correspondan con estos indicadores. En el período previo a la puesta en marcha de la planta es muy importante generar información como línea de base para ser utilizado 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 estudios previos han sugerido que la mejor especie “modelo” a utilizar es el bagre trompudo (*Iheringichthys labrosus*), debido a su probable carácter local, hábitos alimenticios bentívoros, alta frecuencia de ocurrencia y abundancia en todos los muestreos, así como gran representación de diversas clases de talla. Además existen diferencias alimenticias y fisiológicas (Masdeu *et al.*, 2011; D’Anatro *et al.*,

2013) entre estas tres áreas confirmando el carácter local de dicha especie, a pesar que no existen estudios detallados sobre migraciones entre las tres áreas de estudio.

En las diferentes áreas donde se llevó a cabo el estudio, los hábitats 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, 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 en estudios de plancton y bentos (CELA, 2006).

El presente informe se enfoca en el monitoreo de estructura de la comunidad de peces en las zonas litoral y media del río Uruguay, considerando un área referencia y dos áreas receptoras de efluente de UPM S.A., llevado a cabo durante la segunda y tercera semana del mes de abril de 2016. 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 periodos a cargo de UPM S.A. (Tana, 2014; González-Bergonzoni *et al.* 2016b).

METODOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA Y EFLUENTES

La planta

La planta de celulosa de UPM S.A., Fray Bentos posee una capacidad de producción anual de 1,3 millones de toneladas de pulpa de celulosa kraft blanqueada de Eucaliptus. 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 Lo-Solids®, en un digestor continuo de 3200 m³. 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 se toma 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 ecualización, con un volumen de 75.000 m³, diseñado y operado para prevenir anomalías en la calidad del efluente que se envía al tratamiento biológico. El sistema de lodos activados tiene un volumen de 150.000 m³, en dos líneas, con un tiempo de residencia hidráulica de aproximadamente 48 horas. El promedio anual de flujo del efluente en el 2016 previo al monitoreo fue de 16,6 m³/ADT (tonelada de pulpa seca, ADT por sus siglas en inglés: “Air-Dried Ton of pulp”). Durante el presente período de estudio en abril de 2016 (datos desde 14/05/2016 hasta el 24/04/2016) el flujo diario fue de 16,7 m³/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 primer trimestre del 2016 así como, para el último período de muestreo (14 al 24 de abril del 2016). 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 2016 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 enero-abril 2016, así como, durante el período de muestreo (14 al 24 de abril de 2016) y los valores límites permitidos por la comisión europea.

Kg / ADT	COD (Kg/ADT)*	BOD ₅ (Kg/ADT)	AOX (Kg/ADT)	N total (Kg/ADT)	P total (Kg/ADT)	SST (Kg/ADT)	Flujo del efluente (m ³ /ADT)
BAT	23	1,5	0,25	0,25	0,030	1,5	50
Límites permitidos#	15	0,70	0,15	0,20	0,02	1,0	-
Promedio enero-abril 2016	5,1	0,21	0,030	0,040	0,019	0,29	16,6
Período de muestreo abril 2015	5,1	0,24	0,030	0,040	0,017	0,29	16,7

*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 durante la segunda y tercer semana de abril de 2016, entre los días 14-16/04 y 21-24/04 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), en la zona receptora cercana del efluente, en Fray Bentos (área B) y en la zona receptora lejana de Las Cañas (área C) (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 diferente exposición al efluente también fueron realizados en dichas áreas y son reportados en el informe de exposición abril 2016 (González-Bergonzoni *et al.* 2016).



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. Estas redes consisten de 12 paños de 2,5 m de largo cada uno, de tamaños diferentes de malla, de distancia entrecuadrado 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. 20:00 hs) y fueron viradas al amanecer (aprox. a las 8:00 hs), permaneciendo aproximadamente 12 hs. de calado. En cada área se utilizaron ocho redes, calando dos sets cada uno consistiendo de dos redes unidas en serie en la zona litoral (dos réplicas) y dos sets de dos redes en serie en la zona media (dos réplicas). La distancia entre las dos réplicas 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 fue repetido con una semana de diferencia. En total 16 redes fueron caladas en cada sitio, 8 en zona litoral y 8 en zona media.

Los peces fueron identificados al mínimo nivel taxonómico posible (nivel de especie en la gran mayoría de los casos) y separados en clases de tamaño cada 1,0 cm de diferencia aproximadamente, medidos (largo estándar, cm) y pesados (masa total, g). Siguiendo el mismo procedimiento realizado desde el inicio de los estudios de línea de base (Tana, 2007; González-Bergonzoni *et al.* 2016a).

La especie *Iheringichthys labrosus* (Siluriforme, 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- 2015

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 utilizamos los muestreos de comunidad de peces desde 2005-2007 y como situación posterior a la instalación de la planta de UPM S.A. los muestreos de comunidad de peces entre 2008-2016. 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 por cada muestreo. Además de comparar biomasa, abundancia y riqueza específica, también estimamos dos índices de diversidad de uso común en estudios de impacto ambiental (e.g. Magurran, 1988). Estos índices se basan en la distribución de la abundancia de cada especie colectada para estimar aspectos de la diversidad de la comunidad más allá del número total de especies. El índice de dominancia de Simpson (D), por ejemplo, representa la probabilidad que en la colecta dos individuos pertenezcan a una misma especie. El valor del índice varía entre 0 y 1, considerándose los valores más

cercanos a 1 (mayor probabilidad de que los individuos colectados pertenezcan a la misma especie) como los de mayor dominancia y menor diversidad. Finalmente también estimamos el índice de equitatividad, el cual describe que tan equitativamente (en términos de abundancia) están representadas las diferentes especies. Los valores de equitatividad mas altos son generalmente asociados con sistemas menos impactados que valores bajos (e.g. Chalar *et al.*, 2013), los cuales pueden deberse a dominancia de pocas especies tolerantes a la degradación ambiental. A continuación se describen las ecuaciones de los índices estimados:

Índice de dominancia de Simpson (D):
$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

En esta ecuación “D” es el índice de dominancia de Simpson, “S” representa el número total de especies y “ p_i ” la abundancia relativa de la especie “i”

Índice de Equitatividad (E):
$$E_p = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2} \times \frac{1}{S}$$

En esta ecuación “E” es el índice de equitatividad, “S” representa el número total de especies y “ p_i ” la abundancia relativa de la especie “i”

Período abril 2016

Comparación de capturas entre hábitats y semanas

Para comparar estadísticamente las variaciones en la biomasa, abundancia, y riqueza específica capturadas por unidad de esfuerzo entre el hábitat litoral y la zona media de cada sitio, cada set de redes (consistiendo de dos redes unidas en serie) fue tratado como un réplica, sin considerar las posibles diferencias entre las dos semanas 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 MannWhitney. La potencial diferencia en las capturas entre las dos semanas de muestreo ha sido testeada de manera similar, agrupando zona

litoral y 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). El elevado caudal del río y la fuerte correntada asociada que arrastró troncos y plantas flotantes provocó que se rompieran cuatro de las redes colocados en la zona media de Nuevo Berlín durante la primera semana de muestreo. Por este motivo, no obtuvimos replicas suficientes para analizar diferencias entre hábitats o semanas de muestreo en este sitio en particular.

Comparación de capturas entre sitios

Para comparar la biomasa, abundancia, riqueza específica e índices de diversidad (índice de Simpson y equitatividad) 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, abundancia y estimación de índices de diversidad, y en un set de redes en el caso de la diversidad específica. De este modo 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 de la semana 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 heterocedasticidad y, 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 anomalías macroscópicas en el cuerpo y aletas como posibles rasgos indicadores de enfermedades. Ninguna deformidad o anomalía fue reportada durante el estudio de línea de base y(o) monitoreos previos a abril de 2016 (González-Bergonzoni *et al.*, 2015).

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 estudiado (FC) describe que tan “gordos” o “delgados” están los peces en cada área y los Índices Hepato-Somático y Gonado-Somático en relación al tamaño corporal pueden dar indicaciones de posibles alteraciones en reproducción y metabolismo (Wootton, 1991).

Los índices aquí estudiados son:

- Factor de Condición (FC) = $100 \times (\text{peso corporal}/(\text{largo estándar})^3)$
- Índice Gonado-Somático (IGS) = $100 \times (\text{peso de las gónadas}/\text{peso corporal})$
- Índice Hepato-Somático (IHS) = $100 \times (\text{peso del hígado}/\text{peso corporal})$

Para comparar estadísticamente diferencias en estos indicadores, se consideraron únicamente las hembras mayores a 13 cm de longitud estándar (de modo de eliminar variabilidad dada por individuos inmaduros, quitando por lo tanto “ruido” a la comparación) y cada individuo fue utilizado como una réplica al comparar el FC, IHS y IGS entre las tres áreas. Las comparaciones entre el área referencia y las aéreas receptoras se realizaron mediante tests de ANOVA y tests *post hoc* de Tukey en caso de encontrar diferencias significativas para la comparación de IGS y IHS. Para la comparación de FC no se cumplieron los supuestos para el uso de tests paramétricos, por lo cual se utilizó test de Kruskal-Wallis, seguido de test de Mann-Whitney, en caso de encontrar diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Período 2005- 2016

El número de especies colectadas ha sido altamente variable entre años a lo largo de todo el período de muestreo, oscilando entre 3 y 31 especies colectadas en promedio por set de redes. La oscilación temporal en la riqueza parece 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 riqueza por unidad de esfuerzo en el período post-UPM ha sido similar a la encontrada en el período de línea de base (ANOVA, $F= 3,2$; $p=0,08$); lo que podría indicar que la riqueza específica no ha disminuido desde la puesta en funcionamiento de la planta de UPM S.A. (Fig. 2, Tabla 3) El análisis estadístico reveló que la riqueza específica difiere entre los sitios de muestreo, siendo significativamente menor siempre en Las Cañas (ANOVA, $F=25,6$; $p<0,0001$) y

manteniéndose similar entre Nuevo Berlín y Fray Bentos (Tabla 3, Fig. 2). Cabe destacar que estas diferencias entre los tres sitios ya se encontraban 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 abundancia capturada por unidad de esfuerzo no ha cambiado durante el período post-UPM en comparación con el período de línea de base (ANOVA, $F=1,2$; $p=0,25$ Fig. 3, Tabla 3). Las abundancias de peces capturadas han sido siempre máximas en Fray Bentos, manteniéndose similares entre la zona de Las Cañas y Nuevo Berlín (ANOVA, $F=37,9$; $p<0,0001$). Sin embargo, en el período pre-UPM la abundancia en Nuevo Berlín y Fray Bentos era similar, y diferente entre Nuevo Berlín y Las Cañas (siendo mayor en Nuevo Berlín). En el período post-UPM, la abundancia en Fray Bentos es mayor que en Nuevo Berlín, el cual ya no difiere de la abundancia en Las Cañas (ANOVA, $F=4,3$; $p=0,001$, en la interacción sitio/período) (Tabla 3).

La biomasa de peces no ha diferido entre el período pre y post-UPM (ANOVA, $F=0,22$; $p=0,63$) pero sí es diferente entre los tres sitios de estudio ($F=58,4$; $p<0,0001$) siendo menor en las zona de Las Cañas y máxima en Fray Bentos (Figs. 4 y 5; Tabla 3). Sin embargo, parece que en el período pre-UPM la biomasa en Nuevo Berlín no difería de la biomasa en Fray Bentos (notar el p-valor marginal), como sí lo hace en el período post-UPM (ANOVA, $F=3,07$; $p=0,05$, en la interacción sitio/período). Observando en detalle la Figura 5, esto podría ser producto del mayor número de muestreos en el período post-UPM, lo cual posibilita la detección estadística de diferencias más sutiles, ya que la biomasa total en ninguno de los sitios se ha modificado significativamente luego de la puesta en marcha de UPM S.A.

El índice de diversidad de Simpson presentó diferencias significativas tanto entre períodos (ANOVA, $F=41,5$; $p<0,0001$) como entre los sitios de estudio (ANOVA, $F=17,9$; $p<0,0001$), siendo mayor en el período pre-UPM y a su vez siendo mayor en Las Cañas, intermedio en Fray Bentos y menor en Nuevo Berlín. Sin embargo, cabe destacar que las diferencias entre el período dependen de los sitios (ANOVA, $F=8,4$; $p=0,002$, en la interacción sitio/período) ya que solo ocurren en el sitio de Las Cañas, y no existen modificaciones en el índice de diversidad de Simpson entre antes o después de la puesta en marcha de UPM S.A. en Nuevo Berlín o en Fray Bentos (Tabla 3). Este patrón sugiere que la probabilidad de capturar especies diferentes, considerando un mismo número de individuos capturados, disminuye aguas abajo de Nuevo

Berlín. Particularmente Las Cañas y durante el período de línea de base, la probabilidad de capturar especies diferentes ante un mismo número de individuos muestreados era más baja que durante los monitoreos posteriores.

El índice de equitatividad ha sido mayor en el período post-UPM en todos los sitios (ANOVA, $F=12,9$; $p=0,0003$), y es siempre mayor en Nuevo Berlín (ANOVA, $F=7,6$; $p=0,0005$), manteniéndose similar entre Las Cañas y Fray Bentos (interacción período/sitio no significativa) (Tabla 3). Esto refuerza lo visto anteriormente con el índice de Simpson, dado que las especies parecen encontrarse más equitativamente distribuidas en términos de su abundancia a medida que nos dirigimos aguas arriba en nuestros sitios de muestreo (i.e. el valor de equitatividad máxima lo presenta Nuevo Berlín).

Estos hallazgos van en contra de lo teóricamente esperable ante un escenario de degradación ambiental, donde se espera que surja una dominancia en términos de abundancia de pocas especies tolerantes a la contaminación (e.g. Karr *et al.*, 1986) aumentando el índice de dominancia de Simpson (probabilidad que si capturo dos individuos, estos sean de la misma especie) y disminuyendo por lo tanto la equitatividad. Basados en estos supuestos, no podemos concluir al día de hoy que existan signos claros de degradación ambiental en las comunidades de peces en la zona estudiada.

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 de parámetros ambientales (e.g. caudal del río), oscilando de forma similar en las tres áreas de estudio. Por ejemplo, las mayores capturas en el año 2010 ocurrieron luego del pico máximo registrado durante el periodo de estudio en caudal del Río Uruguay en la primavera-verano de 2009 (Fig. 5). Una relación positiva entre 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 (Oldani, 1990; Stassen *et al.*, 2010).

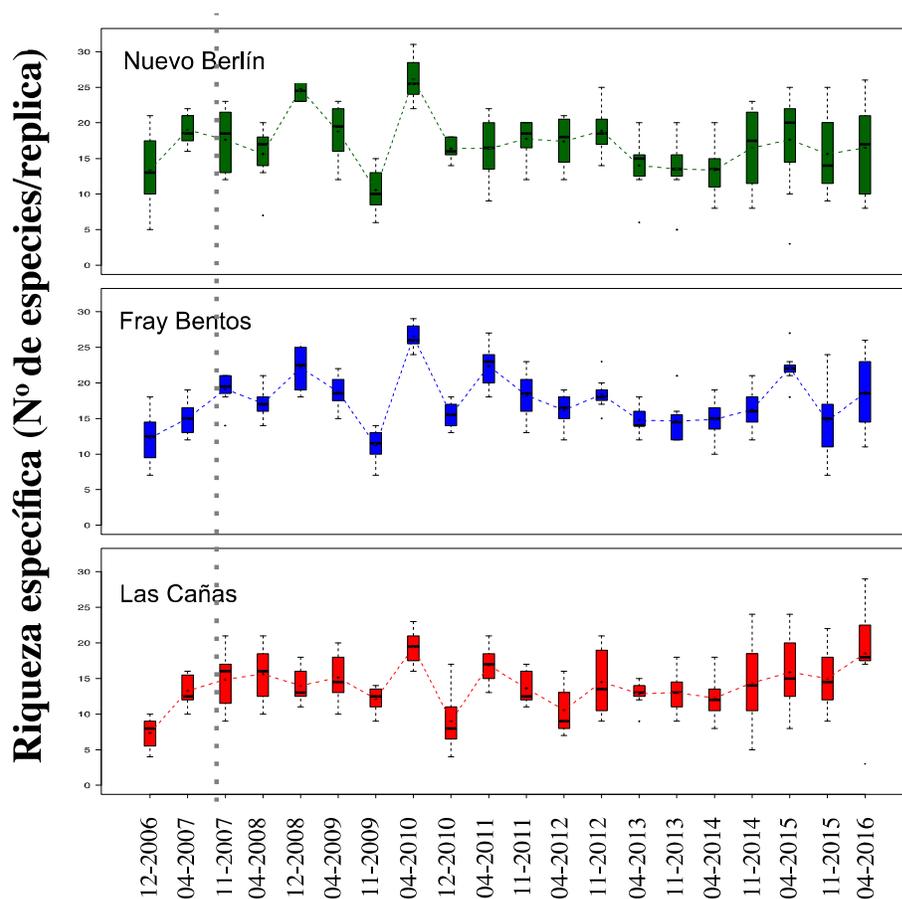


Figura 2. Evolución de la riqueza específica de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (abril de 2016) en los tres sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal de cada muestreo ($n = 8$ por sitio por muestreo). En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en 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 y el punto en cada boxplot se indica el valor medio.

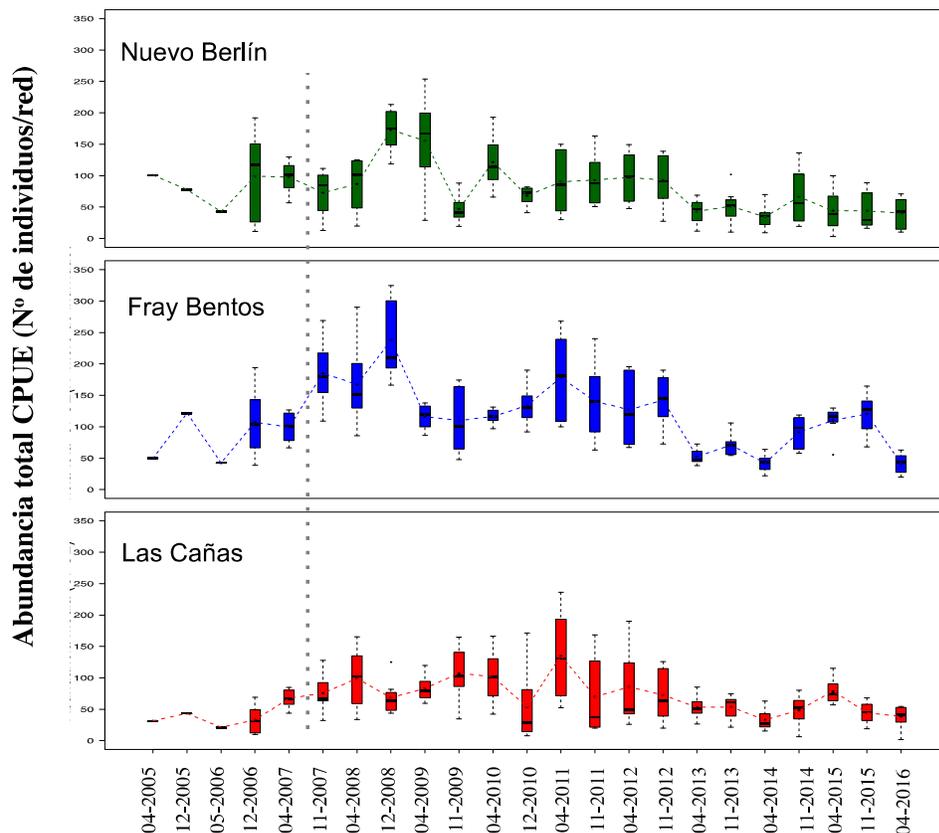


Figura 3. Evolución de la abundancia de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (abril de 2016) en los tres sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal de cada muestreo ($n = 8$ por sitio por muestreo). En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en 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 y el punto en cada boxplot indica el valor medio.

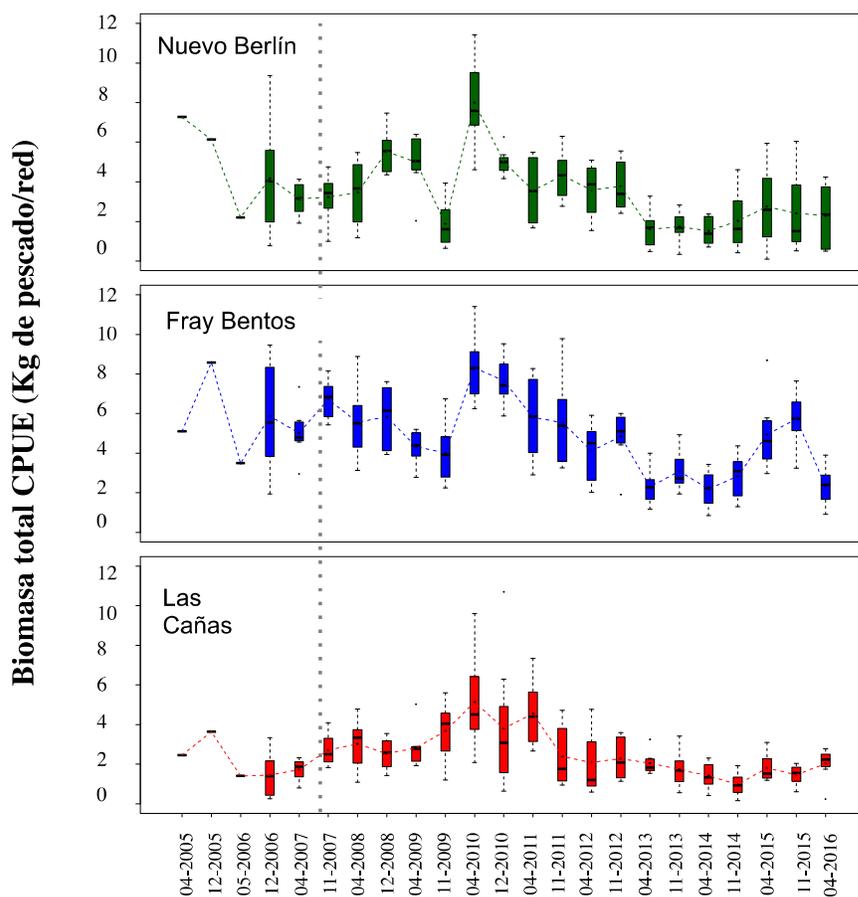


Figura 4. Evolución de la biomasa de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (abril de 2016) en los tres sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal de cada muestreo ($n = 8$ por sitio por muestreo). En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en 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 y el punto en cada boxplot indica el valor medio.

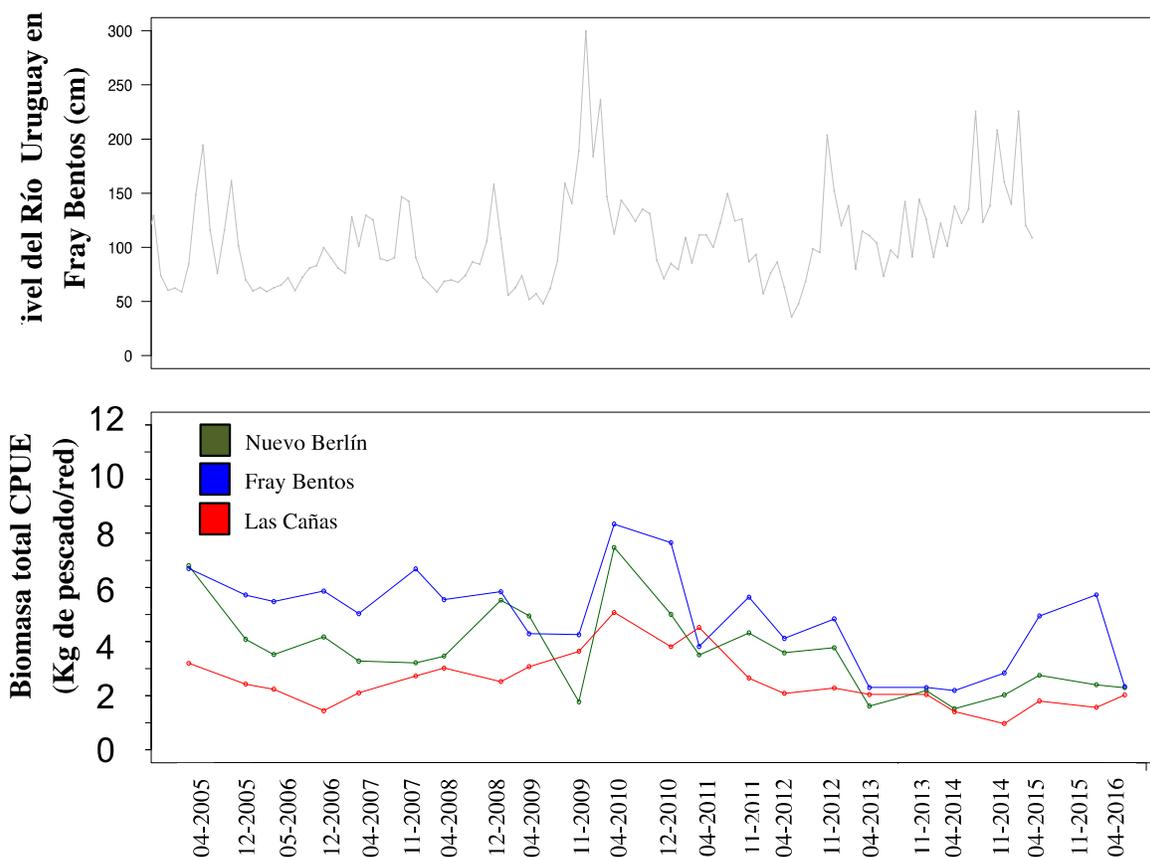


Figura 5. Variaciones en el caudal del Río Uruguay (arriba, nivel del río, en cm.) y evolución de la biomasa de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (Abril de 2005) hasta el presente período (abril de 2016) (abajo). En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas.

Período abril 2016

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES

Durante el presente período de monitoreo fueron colectadas en total 52 especies entre los tres sitios, 35 especies en el sitio de referencia y 38 especies en ambas zonas receptora lejanas (Tabla 2, Apéndice 1). Estos valores son similares a los obtenidos en informes previos, dado que las especies colectadas en esta oportunidad coinciden con las registradas previamente durante los estudios de línea de base y monitoreos previos en cada área (Apéndice 2).

En términos de biomasa total colectada (considerando el total de las 16 redes colocadas por sitio entre las dos semanas), encontramos 8 especies como las más importantes considerando los tres

sitios de estudio, aunque se presentan en diferentes proporciones en cada uno de ellos (Tabla 2). De éstas, cabe destacar que *Paraloricaria vetula* (Loricaridae) fue la especie con mayor biomasa colectada en total (15% del total, Tabla 2, Figura 6). Considerando solamente Nuevo Berlín y Fray Bentos, vemos que *P. vetula* también fue la especie más abundante en términos de biomasa en ambos sitios de muestreo (más de 6.0 Kg., correspondiendo aproximadamente al 15% de la biomasa total en cada localidad, Tabla 2). En cambio, en la localidad de Las Cañas, la mayor biomasa correspondió al mandubí (*Ageneiosus militaris*) (más de 4,5 Kg colectados, constituyendo aproximadamente el 14 % de la biomasa total, Tabla 2). También cabe destacar la elevada biomasa de nuestra especie centinela, el bagre trompudo (*I. labrosus*) considerando los tres sitios, con aproximadamente 3,1 Kg en Nuevo Berlín; 3,3 Kg en Fray Bentos y 1,7 Kg en Las Cañas. En términos de abundancia (número de individuos), *I. labrosus* fue la especie más relevante, representando el 20% de los peces colectados (Tabla 2, Fig. 6).

Entre las particularidades de la presente campaña de muestreo cabe destacar que se colectaron los records máximos de captura (en biomasa desde 2005-2016) para dos especies: el salmón criollo (*Brycon orbignyanus*), y el mandubí. En cuanto al salmón criollo, su biomasa total supero los 3 Kg. colectados (aprox. 3% de la biomasa total), solo seguida por lo colectado en los muestreos de otoño del 2005 (1,4 Kg.) y del 2010 (2,1 kg). Mientras tanto, el mandubí, presentó más de 11 Kg colectados (representando el 12 % de la biomasa total colectada, Tabla 2, Fig. 6). En todo el período 2005-2015 el mandubí sólo supero los 2 Kg, de captura total en los muestreos de otoño de 2010 (2,45 Kg) y en los de primavera de 2014 (2,6 Kg) y 2015 (3,2 Kg). Esta especie posee importancia comercial y estaba siendo pescada en gran abundancia por pescadores artesanales de Las Cañas (observación personal). Una de las principales características en común entre los muestreos antes mencionados en donde el salmón criollo y mandubí han sido abundantes y el presente (abril 2016), es el elevado nivel del río durante o inmediatamente-anterior al período de muestreo (e.g. Fig. 5). Ambas especies están catalogadas como de prioridad para la conservación en Uruguay debido a sus características migratorias y de potencial importancia comercial (Loureiro *et al.*, 2013).

Durante el presente monitoreo observamos algunos patrones estacionales en las capturas que parecen repetirse con varias especies a lo largo de todo el período de estudio (e.g. Apéndice 2). Por ejemplo, la abundancia y biomasa del bagarito, *Parapimelodus valenciennes*, que domina en

biomasa en los muestreos de primavera (e.g. Gonzalez-Bergonzoni *et al.*, 2015, Apendice 2) se redujo en el presente muestreo de otoño (ocupando el sexto puesto en el ranking de biomasa total capturada). Estos aumentos en primavera y disminuciones en otoño vienen siendo observados repetidamente y parecen corresponder a migraciones reproductivas y/o alimenticias de esta especie en la primavera. De forma similar, la abundancia y biomasa de especies tales como el dientado paraguay (Acestrorhynchus pantaneiro) y el machete (Rhaphiodon vulpinus) aumentaron con respecto al muestreo de primavera (González-Bergonzoni *et al.*, 2015), como suele ocurrir a lo largo de todos los años de estudio (e.g. Apendice 2). El dientado paraguay paso de ser la especie número 21 en el ranking de biomasa en el muestreo de primavera pasado (aprox. 0.5 Kg. colectados) a ser la quinta más colectada en biomasa en el presente muestreo de otoño (más de 6 Kg. colectados).

Tabla 2. Resumen de las capturas de peces en el presente período de estudio (abril 2016) 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 porcentaje de la abundancia total total), biomasa total (“BM total”, en gramos) y biomasa relativa (“BM rel”, en porcentaje 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.

Especies	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>Paraloricaria vetula</i>	56 (11,6)	6234,5 (22,7)	20 (3)	6014,6 (16)	10 (1,6)	2293 (7,1)	86 (4,9)	14542,1 (15)
<i>Ageneiosus militaris</i>	9 (1,8)	2973,5 (10,8)	20 (3)	4093,2 (10,9)	17 (2,7)	4567,8 (14)	46 (2,6)	11634,5 (12)
<i>Iheringichthys labrosus</i>	127 (26,4)	3143,1 (11,4)	122 (18,4)	3323,5 (8,8)	103 (16,8)	1697,7 (5,2)	352 (20)	8164,3 (8,4)
<i>Cynopotamus argenteus</i>	18 (3,7)	2356,1 (8,5)	9 (1,4)	1105,9 (3)	40 (6,5)	3997,4 (12,3)	67 (3,8)	7459,4 (7,7)
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	7 (1,4)	1035,8 (3,7)	38 (5,7)	4868,6 (13)	3 (0,5)	202,4 (0,6)	48 (2,7)	6106,8 (6,3)
<i>Parapimelodus valenciennes</i>	23 (4,7)	999,6 (3,6)	84 (12,6)	3456,1 (9,2)	9 (1,5)	340,8 (1,0)	116 (6,6)	4796,5 (4,9)
<i>Ricola macrops</i>	3 (0,6)	156 (,6)	6 (0,9)	295,6 (0,8)	140 (22,8)	3282,4 (10,1)	149 (8,5)	3734 (3,8)
<i>Loricariichthys melanocheilus</i>	25 (5,2)	1185,1 (4,3)	34 (5,1)	1396 (3,7)	21 (3,4)	1053,5 (3,2)	80 (4,5)	3634,6 (3,7)
<i>Ageneiosus inermis</i>					8 (1,3)	3342 (10,3)	8 (0,5)	3342 (3,4)
<i>Pachyrurus bonariensis</i>	52 (10,7)	1106,8 (4,0)	60 (9)	1163,3 (3,1)	50 (8,1)	1056 (3,2)	162 (9,2)	3326,1 (3,4)
<i>Pimelodus maculatus</i>	22 (4,5)	1340,5 (4,9)	19 (2,8)	926,6 (2,5)	29 (4,7)	1055,4 (3,2)	70 (4)	3322,5 (3,4)
<i>Brycon orbignyanus</i>			15 (2,2)	2416 (6,4)	4 (0,6)	757,8 (2,3)	19 (1,1)	3173,8 (3,3)
<i>Galeocharax humeralis</i>	10 (2,1)	330,2 (1,2)	20 (3)	907,5 (2,4)	33 (5,4)	1736 (5,3)	63 (3,6)	2973,7 (3,1)
<i>Lycengraulis grossidens</i>	26 (5,4)	1249 (4,5)	36 (5,4)	735,9 (1,9)	21 (3,4)	984,1 (3,0)	83 (4,7)	2969 (3)
<i>Pellona flavipinnis</i>	3 (0,6)	978 (2,5)	4 (0,6)	847 (2,2)	3 (0,5)	1063 (3,3)	10 (0,6)	2888 (3)
<i>Cyphocharax platanus</i>	4 (0,8)	95,1 (,3)	52 (7,9)	1647,8 (4,4)	11 (1,7)	298,3 (0,9)	67 (3,8)	2041,2 (2,1)
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>			3 (0,4)	320 (0,8)	8 (1,3)	1293 (4)	11 (0,6)	1613 (1,7)
<i>Prochilodus lineatus</i>			6 (0,9)	567,1 (1,5)	8 (1,3)	668,1 (2,1)	14 (0,8)	1235,2 (1,3)
<i>Hypostomus commersoni</i>	1 (0,2)	916 (3,3)	1 (0,2)	216 (0,6)			2 (0,1)	1132 (1,2)
<i>Luciopimelodus pati</i>	2 (,41)	768 (2,8)	2 (0,3)	240 (0,6)	2 (0,3)	110 (0,3)	6 (0,3)	1118 (1,1)

<i>Astyanax sp.</i>	11 (2,3)	284,8 (1,0)	27 (4,1)	341,3 (0,9)	17 (2,7)	368,7 (1,1)	55 (3,1)	994,8 (1)
<i>Pygocentrus nattereri</i>			7 (1,1)	840,2 (2,2)			7 (0,4)	840,2 (0,9)
<i>Oligosarcus oligolepis</i>	1 (0,2)	77,3 (,3)	5 (0,7)	444,1 (1,2)	3 (0,5)	220,3 (0,7)	9 (0,5)	741,7 (0,8)
<i>Cyphocharax spilotos</i>	10 (2,1)	572 (2,1)			3 (0,5)	146,4 (0,4)	13 (0,7)	718,4 (0,7)
<i>Leporinus obtusidens</i>	5 (1)	543,7 (2)	1 (0,2)	70 (0,2)	1 (0,2)	89 (0,3)	7 (0,4)	702,7 (0,7)
<i>Catathyridium jenynsii</i>					2 (0,3)	674 (2,1)	2 (0,1)	674 (0,7)
<i>Hoplosternun littorale</i>					7 (1,1)	525,5 (1,6)	7 (0,4)	525,5 (0,5)
<i>Hoplias malabaricus</i>			2 (0,3)	381,8 (1,0)			2 (0,1)	381,8 (0,4)
<i>Pimelodella gracilis</i>	31 (6,4)	151,3 (,5)	22 (3,3)	151,2 (0,4)	15 (2,4)	74,2 (0,2)	68 (3,9)	376,7 (0,4)
<i>Rhamdia quelen</i>	1 (0,2)	354 (1,3)					1 (0,1)	354 (0,4)
<i>Rhinodoras dorbignyi</i>	3 (0,6)	22,9 (0,1)	19 (2,8)	124,1 (0,3)	27 (4,4)	179,5 (0,5)	49 (2,8)	326,5 (0,3)
<i>Pimelodus absconditus</i>	9 (1,9)	250,3 (0,9)					9 (0,5)	250,3 (0,3)
<i>Schizodon platae</i>			1 (0,2)	229 (0,6)			1 (0,1)	229 (0,2)
<i>Trachelyopterus teaguei</i>	4 (0,8)	207,2 (0,8)		207,2			4 (0,2)	207,2 (0,2)
<i>Serrasalmus maculatus</i>			3 (0,5)	143 (0,4)	1 (0,2)	58,6 (0,2)	4 (0,2)	201,6 (0,2)
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	1 (0,2)	13,7 (0,05)	3 (0,5)	29 (0,1)	5 (0,8)	117,3 (0,4)	9 (0,5)	160 (0,2)
<i>Hypostomus aspilogaster</i>			2 (0,3)	79,4 (0,2)	1 (0,2)	43,4 (0,1)	3 (0,2)	122,8 (0,1)
<i>Oligosarcus jenynsii</i>					1 (0,2)	83 (0,2)	1 (0,1)	83 (0,1)
<i>Rhoeboides affinis</i>	3 (0,6)	23,8 (0,1)	5 (0,7)	14,2 (0,04)	1 (0,2)	26,1 (0,1)	9 (0,5)	64,1 (0,1)
<i>Auchenipterus osteomystax</i>	2 (0,4)	32,5 (0,1)			2 (0,3)	27,2 (0,1)	4 (0,2)	59,7 (0,1)
<i>Apareiodon affinis</i>			5 (0,7)	57,8 (0,15)			5 (0,3)	57,8 (0,1)
<i>Astyanax abramis</i>	4 (0,8)	53,6 (0,2)					4 (0,2)	53,6 (0,1)
<i>Eigenmannia virescens</i>	1 (0,2)	22 (0,07)	1 (0,2)	24 (0,06)			2 (0,1)	46 (0)
<i>Leporinus striatus</i>			1 (0,2)	6,5 (0,02)	1 (0,2)	16,5 (0,1)	2 (0,1)	23 (0)
<i>Steindachnerina brevipinna</i>	6 (1,2)	20 (0,07)	3 (0,5)	2,2 (0,001)	1 (0,2)	0,8 (0,002)	10 (0,6)	23 (0)
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	1 (0,2)	14,7 (0,05)	3 (0,5)		1 (0,2)		5 (0,3)	14,7 (0)
<i>Gymnotus carapo</i>	1 (0,2)	10,5 (0,04)					1 (0,1)	10,5 (0)
<i>Crenicichla vittata</i>			1 (0,2)	7,3 (0,02)			1 (0,1)	7,3 (0)
<i>Pimelodella australis</i>					1 (0,2)	5,2 (0,02)	1 (0,2)	5,2 (0)
<i>Otocinclus flexilis</i>	1 (0,2)	1,3 (0,01)			2 (0,3)	2,6 (0,01)	3 (0,2)	3,9 (0)
<i>Loricariinae sp.</i>	1 (,2)	2,5 (0,01)					1 (0,1)	2,5 (0)
<i>Odontostilbe pequirá</i>			1 (0,2)	0,5 (0,001)			1 (0,1)	0,5 (0)
Riqueza específica total		35		38		38		52

a la pérdida de redes en la primer semana de muestreo en Nuevo Berlín, éste sitio no fue incluido en las comparaciones estadísticas.

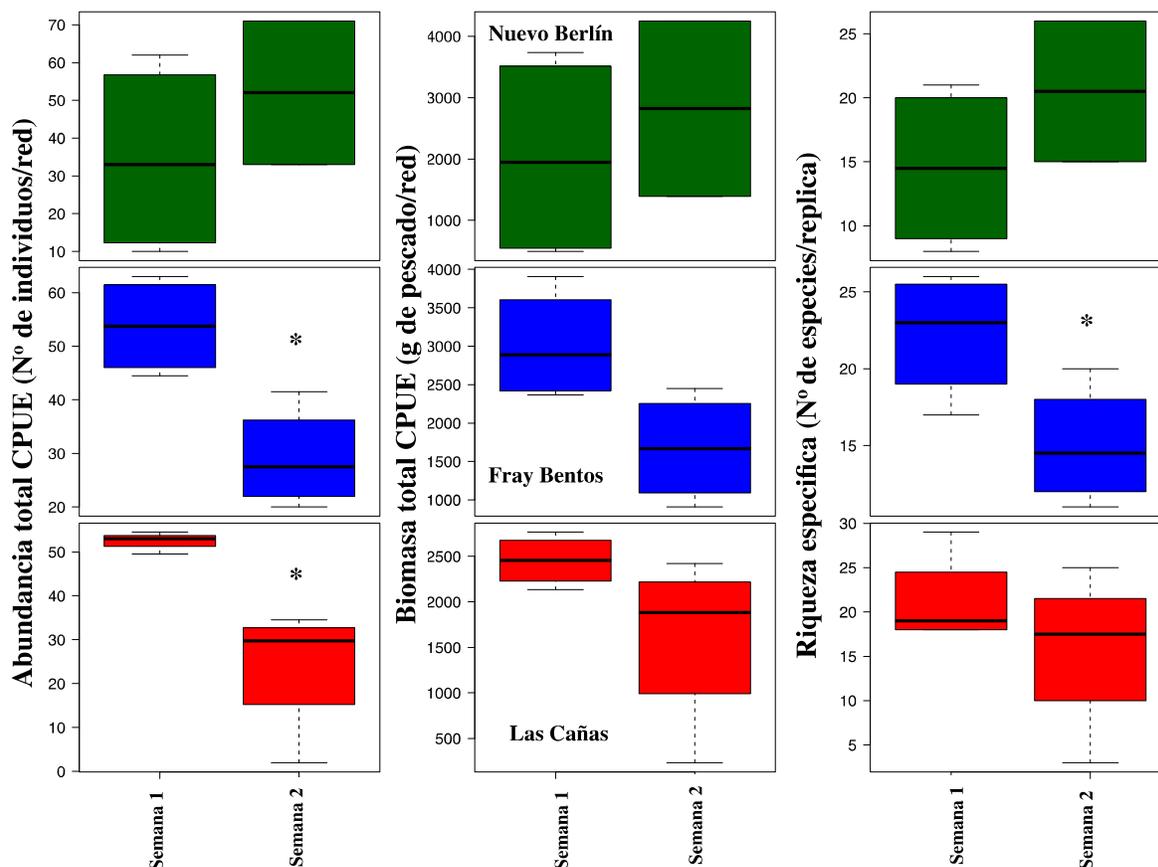


Figura 7. Comparación de capturas de peces por unidad de esfuerzo (abundancia, biomasa total y riqueza específica capturada por red) entre las diferentes semanas muestreadas en cada sitio. En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas. Diferencias significativas (ANOVA; $p < 0,05$; marcadas con *) se han encontrado únicamente en la biomasa colectada en Fray Bentos y la riqueza específica colectada en Las Cañas, siendo mayores hacia la primera y segunda semana de muestreo respectivamente.

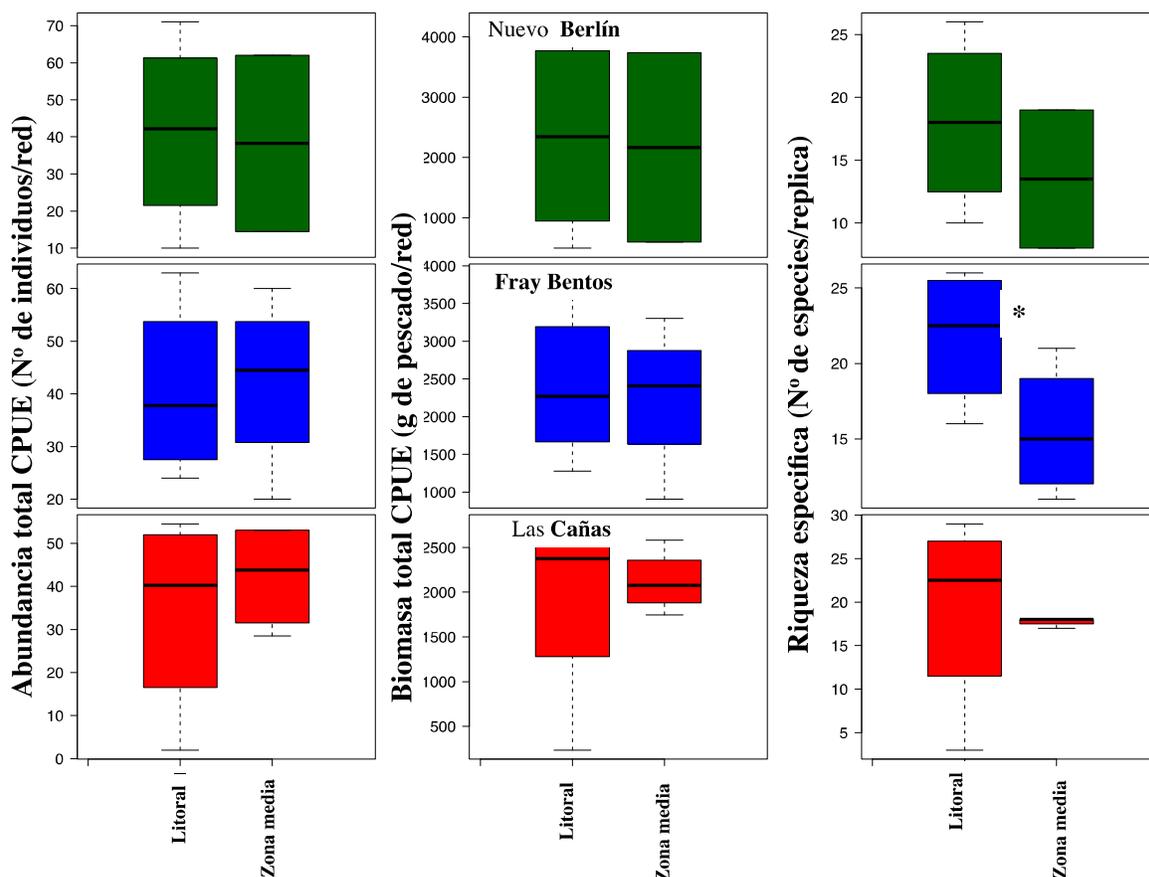


Figura 8. Comparación de capturas de peces por unidad de esfuerzo (abundancia, biomasa total y riqueza específica capturada por red) entre los diferentes hábitats muestreados en cada sitio. En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas. Diferencias significativas (ANOVA; $p < 0,05$; marcadas con *) se han encontrado únicamente en Las Cañas, donde la riqueza específica de peces es mayor en la zona litoral.

Comparación de capturas entre sitios

Al comparar las capturas, agrupando las zonas media y litoral de ambas semanas de muestreo, observamos que no existen diferencias entre las tres áreas estudiadas en términos de riqueza específica, abundancia y biomasa colectada; así como en los índices de diversidad estimados (Índice de dominancia de Simpson y Equitatividad) (ANOVA, $p > 0,05$ en todos los casos; Fig. 9, Tabla 3). En muestreos previos se han observado frecuentemente diferencias en la riqueza específica (siendo menor en Las Cañas y mayores en Nuevo Berlín y Fray Bentos) y en las abundancias y biomasa colectadas (siendo generalmente mayores en la zona de Fray Bentos y menores en las zonas de Las Cañas y Nuevo Berlín) cita. La similitud en las capturas durante este muestreo entre los tres sitios puede estar reflejando que las condiciones ambientales impuestas por

el alto nivel del río durante este período en particular, son más relevantes que los factores ambientales actuantes a escala local y enmascaran diferencias presentes en condiciones más basales.

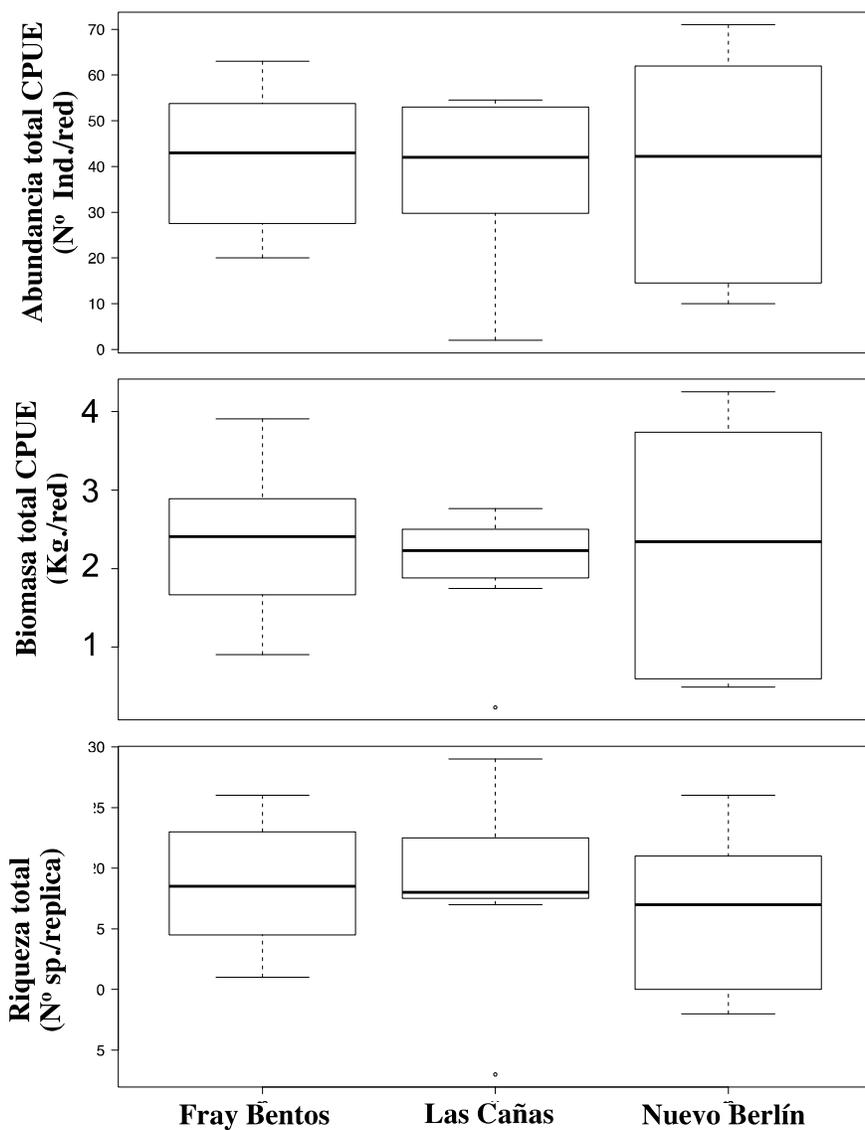


Figura 9. Comparación de capturas de peces por unidad de esfuerzo en términos de abundancia (arriba); biomasa (centro) y riqueza específica (abajo) capturada por unidad de esfuerzo entre los diferentes sitios muestreados integrando la variabilidad espacial y temporal del muestreo (n = 8 por sitio). Área referencia: Nuevo Berlín; área receptora inmediata: Fray Bentos; área receptora lejana: Las Cañas. No se han encontrado diferencias significativas entre los tres sitios analizados. Véase la Tabla 3 por más detalles sobre los análisis estadísticos realizados.

COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN GENERAL DE LA ESPECIE INDICADORA

La especie centinela seleccionada, *I. labrosus*, fue la tercera especie más importante en términos de biomasa total capturada en los tres sitios de muestreo y la primera en abundancia (352 individuos y más de 8 Kg. de peso en total) (Tabla 2). La dominancia y frecuencia de la especie en el sistema se mantiene desde los estudios de línea de base, donde esta especie fue elegida como indicadora, en parte debido a estos factores.

Durante este muestreo, al igual que en los anteriores, no hemos observado ningún tipo de deformidad o anomalía macroscópica en ésta u otra especie, en ninguno de los tres sitios, lo cual pudiera estar sugiriendo un impacto sobre la fisiología de los peces.

Al analizar la sub-muestra de hembras colectadas mayores a 13 cm de longitud estándar, observamos que los individuos no presentan diferencias en su factor de condición (FC) entre las tres zonas de estudio (ANOVA, $F=1,1$; $p=0,320$). Esto significa que los ejemplares de *I. labrosus* de los tres sitios de estudio son similares en su relación largo-peso.

El IHS (índice hepatosomático) de los individuos de Fray Bentos en este muestreo ha sido mayor al de los de las restantes áreas ($F=7,9$; $p=0,001$, Tabla 4), siendo el peso de los hígados de los individuos en proporción a su masa corporal, mayor en Fray Bentos. Sin embargo, estas diferencias suelen variar entre los sitios en los diferentes muestreos, por ejemplo en el muestreo anterior el IHS fue mayor en la zona de Nuevo Berlín, que en el resto (Gonzalez-Bergonzoni *et al.*, 2015)

El IGS (índice gónado-somático), no ha diferido entre los tres sitios de estudio en esta ocasión ($F = 0,63$; $p = 0,500$; Tabla 4), a diferencia del muestreo anterior donde el IGS era mayor en la zona referencia de Nuevo Berlín (González-Bergonzoni *et al.*, 2016). La mayoría de los individuos no tenían gónadas maduras, lo que corresponde a lo esperado en otoño, siendo la primavera probablemente el período reproductivo de esta especie, y por ende los valores del IGS e IHS son menores que en los muestreos de primavera (Tana, 2014; Gonzalez-Bergonzoni *et al.*, 2015).

Al comparar la frecuencia de tallas de todos los individuos de *I. labrosus* colectados observamos que a grandes rasgos no existen diferencias en la estructura de tallas de las poblaciones de los tres sitios, siendo las tallas entre 9 y a 12 cm. las dominantes en los tres sitios. Durante este muestreo se han colectado muy escasos individuos de tallas superiores a 20 cm (menos de 10), estando exclusivamente presentes en Fray Bentos y Nuevo Berlín. En general, se encuentra mayor abundancia de juveniles (individuos menores a 9 cm.) en los muestreos de primavera en las tres zonas, lo cual parece apoyar la idea de que la reproducción ocurre en la primavera.

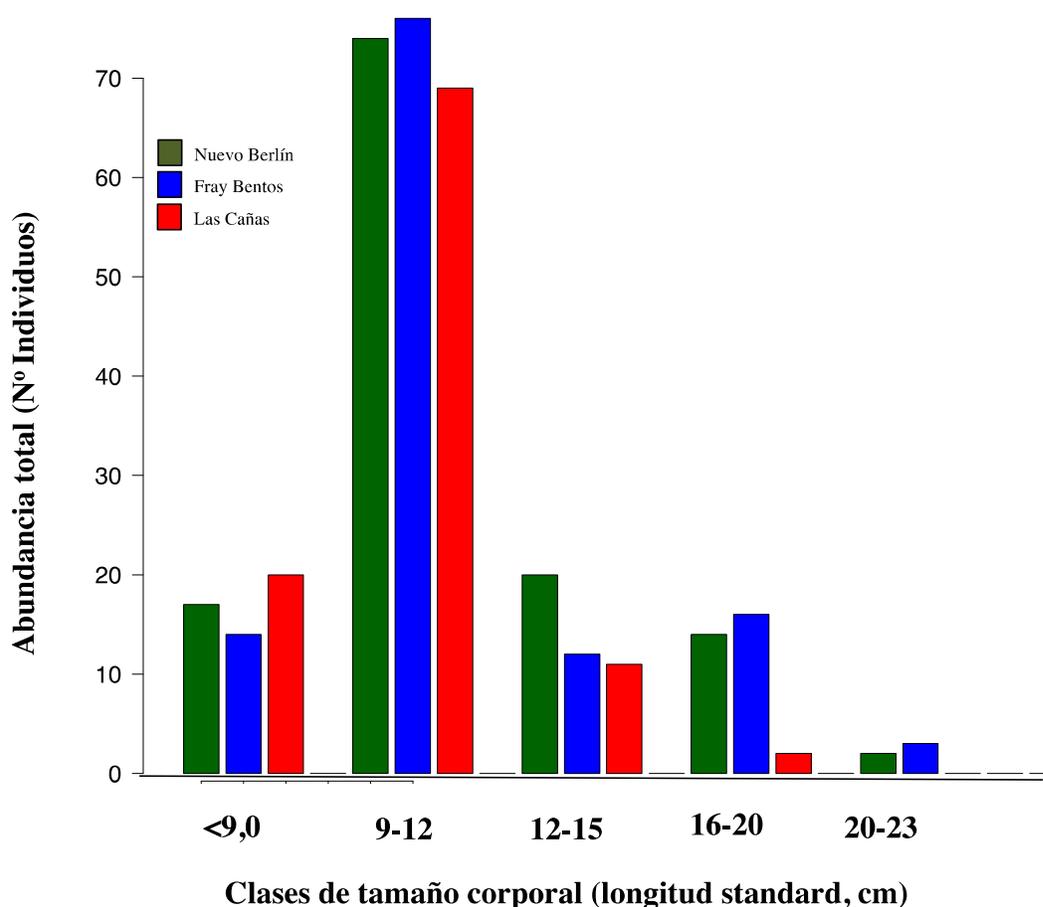


Figura 10. Distribución de abundancia de clases de talla de individuos de *I. labrosus* en las tres zonas de estudio. En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas.



Tabla 3. Valores de tests estadísticos ANOVA ($\alpha = 0,05$) realizados para comparar abundancias biomásas 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 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	Periodo		Área		Interacción periodo-área			Semanas de muestreo		Hábitats muestreados		Test estadístico utilizado	Resumen de diferencias
		Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor	g.l res	Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor		
Biomasa de peces CPUE	Periodo de estudio (2005-2016)	F=0,22	0,63	F=58,4	2,10⁻¹⁶	F=3,07	0,05	477					ANOVA factorial de 2 vías + Tukey HSD	Menor en Las Cañas, intermedia en Nuevo Berlín y máxima en Fray Bentos (interacción: Pre-UPM: NB y FB no diferían). Siempre es mayor en Fray Bentos (interacción: Pre-UPM: NB no difería de FB, pero era mayor que en LC). Siempre es menor en Las Cañas Mayor en Las Cañas, intermedio en Fray Bentos y menor en Nuevo Berlín (interacción: post-UPM < pre-UPM, pero sólo en LC) Mayor en el periodo post-UPM y siempre mayor en Nuevo Berlín
Abundancia de peces CPUE	Periodo de estudio (2005-2016)	F=1,2	0,25	F=37,9	5,3,10⁻¹⁶	F=4,3	0,01	477					ANOVA factorial de 2 vías + Tukey HSD	
Número de especies	Periodo de estudio (2005-2016)	F=3,2	0,08	F=25,3	3,6,10⁻¹¹	F=2,5	0,08	477					ANOVA factorial de 2 vías + Tukey HSD	
Índice de dominancia de Simpson	Periodo de estudio (2005-2016)	F=41,5	2,7,10⁻¹⁰	F=17,9	3,7,10⁻⁸	F=8,4	0,002	477					ANOVA factorial de 2 vías + Tukey HSD	
Índice de equitatividad	Periodo de estudio (2005-2016)	F=12,9	0,0003	F=7,6	0,0005	F=0,25	0,20	477					ANOVA factorial de 2 vías + Tukey HSD	
Biomasa de peces	Abril-2016			F=0,17	0,84								ANOVA de 1 vía	No difiere entre sitios
Abundancia de peces	Abril-2016			F=0,05	0,94								ANOVA de 1 vía	No difiere entre sitios
Número de especies	Abril-2016			F=0,21	0,81								ANOVA de 1 vía	No difiere entre sitios
Índice de dominancia de Simpson	Abril-2016			Chi ² =3,05	0,21								Kruskal-Wallis	No difiere entre sitios
Índice de equitatividad	Abril-2016			F=0,34	0,71								ANOVA de 1 vía	No difiere entre sitios
Área A--Biomasa de peces	Abril-2016-Nuevo Berlín								nt	nt	nt	nt		No testeado por falta de replicas
Área A-Abundancia de peces	Abril-2016-Nuevo Berlín								nt	nt	nt	nt		No testeado por falta de replicas
Área A--Número de especies	Abril-2016-Nuevo Berlín								nt	nt	nt	nt		No testeado por falta de replicas
Área B--Biomasa de peces	Abril-2016-Fray Bentos								F=5,9	0,05	F=0,1	0,72	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre hábitats o semanas de muestreo
Área B--Abundancia de peces	Abril-2016-Fray Bentos								F=11,8	0,01	F=0,05	0,8	ANOVA de 2 vías	Mayor en la primera semana de muestreo
Área B--Número de especies	Abril-2016-Fray Bentos								=28,2	0,03	F=20,9	0,005	ANOVA de 2 vías	Mayor en la primer semana y en la zona litoral
Área C--Biomasa de peces	Abril-2016-Las Cañas								F=2,4	0,17	F=0,11	0,75	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre hábitats o semanas de muestreo
Área C--Abundancia de peces	Abril-2016-Las Cañas								F=14,7	0,012	F=1,1	0,33	ANOVA de 2 vías	Mayor en la primera semana de muestreo
Área C--Número de especies	Abril-2016-Las Cañas								W=12	0,3	W=12	0,3	Mann-Whitney	No hay diferencias entre hábitats o semanas de muestreo
FC-Especie indicadora <i>I. labrosus</i>	Abril-2016			F=1,1	0,32								ANOVA de 1 + Tukey HSD	No hay diferencias entre los sitios
IHS-Especie indicadora <i>I. labrosus</i>	Abril-2016			F=7,9	0,001								ANOVA de 1 vía+ Tukey HSD	Mayor IHS en Fray Bentos
CSI-Especie indicadora <i>I. labrosus</i>	Abril-2016			F=0,63	80,53								ANOVA de 1 vía	No hay diferencias entre los sitios

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

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

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. Se resalta en negrita el sitio y el índice para el cual se detectaron diferencias significativas

	Nuevo Berlín	Fray Bentos	Las Cañas
FC	1,27 ±0,12	1,21 ±0,18	1,29 ±0,18
IHS	0,83 ±0,12	0,97 ± 0,16	0,72 ±0,18
IGS	0,55 ± 0,17	0,49 ± 0,17	0,52 ± 0,11

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente monitoreo de la comunidad de peces correspondiente a abril de 2016 ha revelado que no existe una disminución en número de especies, biomasa, abundancia o indicadores de biodiversidad (i.e. índice de Simpson y equitatividad) 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 zonas referencia y receptora inmediata. La abundancia y biomasa de peces ha sido mayor en la zonas 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. Los índices de biodiversidad indican que la abundancia de las diferentes especies está más equitativamente distribuida en el area referencia de Nuevo Berlín que en las áreas receptoras de Fray Bentos y Las Cañas.

A lo largo de los estudios de línea de base y monitoreos ambientales previos (2005-2016) los parámetros de la estructura comunitaria estudiados no se han cambiado hacia las zonas receptoras de efluente. La riqueza específica de peces ha sido siempre menor en la zona receptora lejana –probablemente debido a diferentes condiciones ambientales naturales– y mayores valores de riqueza específica han sido obtenidos durante los monitoreos posteriores a la puesta en marcha de la planta de UPM S.A. en los tres sitios de estudio por igual. Además, desde los primeros estudios de línea de base la abundancia de peces siempre ha sido mayor en la zona receptora inmediata (junto con la zona de referencia), y eso no ha cambiado luego de la puesta en marcha de la planta cuando se han registrado incluso los mayores valores de 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-

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

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

UPM) y la menor en el área receptora lejana. 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 sitios de muestreo; esta equitatividad ha ido en aumento en los últimos años, lo cual se opone al patrón de dominancia de pocas especies tolerantes que se espera que ocurra en escenarios de alta degradación ambiental (e.g. Karr *et al.*, 1988).

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 características ambientales de dicha zona, que son propicias para el mantenimiento de tales abundancias y biomasa de peces. Por ejemplo, el ambiente físico de la bahía y desembocadura del arroyo Yaguareté podría proporcionar abundantes recursos alimenticios y refugio particularmente a varias especies de peces y sus estadíos juveniles. Esto concuerda 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).

Considerando la escala temporal, han existido picos de captura (i.e. aumentos en las CPUE en abundancia y biomasa) durante abril del año 2010, luego disminuyeron levemente nuevamente hasta valores cercanos a los hallados durante en 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 (Tabla ??), 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, probablemente dados por factores ambientales o diferentes épocas migratorias (por ejemplo, como venimos observando en las especies: bagarito, machete y dientado paraguayo).

La condición general de los peces ha sido siempre buena, sin observación de deformidades, anomalías macroscópicas o enfermedades visualmente notorias. Los indicadores de condición de la especie centinela seleccionada, *I. labrosus*, se han mantenido similares entre

el área referencia y el área receptora cercana, tanto durante el presente período como en períodos previos. Ocasionalmente se han presentado algunas diferencias entre la zona referencia y la zona receptoras en los índices gonado- y hepato-somático durante algunos muestreos (i.e. mayor IHS hacia la zona receptora inmediata en el último período de muestreo), siendo algunas veces los individuos de la zona referencia los de mayor IGS e IHS y otras veces los de las zonas receptoras los de mayor IHS (e.g. González-Bergonzoni *et al.*, 2016a). Estas diferencias también pueden corresponder a diferentes estrategias reproductivas entre los individuos de las diferentes localidades.

Durante el monitoreo de exposición, 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 reproducción como el IGS o IHS. Lo mismo sucedió con las concentraciones de Dioxinas y PCBs en músculo de esta especie (González-Bergonzoni *et al.*, 2016b), siendo estos valores siempre bajos y muy por debajo de los límites máximos recomendados por organizaciones gubernamentales de diferentes países.

Estos resultados indican que no existiría un impacto apreciable en la diversidad, abundancia y biomasa de la comunidad de peces en las zonas que reciben efluente proveniente de la planta de UPM S.A., en Fray Bentos. Previamente no se han encontrado 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 es la excepción.

Los estudios de monitoreo se realizan con el fin de evaluar periódicamente potenciales efectos nocivos y mitigarlos en caso de ser percibidos, informando sobre posibles efectos adversos e impactos para el ecosistema y la salud humana. En este sentido, el presente programa de monitoreo cumple con esa demanda desde su inicio con los estudios de línea de base en Abril de 2005. El presente programa de análisis provee de información esencial para el monitoreo y el diagnóstico ambiental del Río Uruguay bajo en la zona de estudio. Continuar con el monitoreo permitirá acercarnos con mayor precisión a las causas de las fluctuaciones en la

abundancia y biomasa de peces encontradas a lo largo de los años. Además, 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 parte del Río Uruguay. Esto permitirá en un futuro ser aún más precisos al 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 similares emprendimientos industriales en grandes ríos de nuestro país.

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) Río Negro – Uruguay. CELA report marzo 2006, Montevideo, Uruguay.
- D'Anatro, A., Vidal, N., González-Bergonzoni, I., Teixeira de Mello, F., Tana, J., Naya, D. 2013. Geographic and seasonal variation analysis of digestive morphology in the catfish *Iheringichthys labrosus* along lower Río Uruguay. *Open access animal physiology*, 5:9-13.
- EEM, C., 2010. Pulp and Paper environmental effects monitoring (EEM) technical guidance document. Environment Canada, 26.
- González-Bergonzoni, I., A. D'Anatro, S. Stebniki & F. Teixeira de Mello, 2015a. 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 & F. Teixeira de Mello, 2015b. Monitoreo de exposición: 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: 39p.

- 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
- 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.
- 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., 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



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

Abril 2016

Wootton R.J. (1991) Ecology of teleost fishes., Chapman and Hall, London.

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>Leporinus 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>Acestrorhynchidae</i>	<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>Reoboides bonariensis</i>		Dientudo jorobado	
	<i>Reoboides 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			

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

1- Laboratorio de Evolución, 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.

Abril 2016

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
Siluriformes	<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>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>Hyposromus microstomus</i>	Vieja
		<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 derbyi</i>	Vieja del agua
		<i>Loricarichthys anus</i>	Vieja de agua
		<i>Loricariinae sp.</i>	Vieja de agua

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

1- Laboratorio de Evolución, 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.

Abril 2016

		<i>Loricariichthys edentatus</i>	Vieja de agua
<i>Continuación de Tabla 1</i>			
Orden	Familia	Especie	Nombre común
		<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 albicans</i>	Bagre blanco
		<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
Perciformes	<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
Gymnotiformes	<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
Clupeiformes	<i>Clupeidae</i>	<i>Lycengraulis grossidens</i>	Anchoa de río

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

1- Laboratorio de Evolución, 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.

Abril 2016

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

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

1- Laboratorio de Evolución, Facultad de Ciencias, Iguá 4225 Esq. Matajojo 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 2005-2016. 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 (Todo), el período de línea de base (Pre-UPM) y monitoreos posteriores a la puesta en marcha de UPM (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. Existen tres especies que sólo se colectaron en un muestreo durante el período de línea de base y 15 que solo se colectaron en un muestreo del período diciembre 2007-2016.

Especies	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		Todo	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	F.O (%)	F.O (%)	F.O (%)
<i>Astyanax sp.</i>	67	127	46	90	194	635	1521	1131	395	1	249	1074	1124	979	835	1177	290	316	219	990	368	286	55	100	100	100	
<i>Cynopotamus argenteus</i>	149	23	10	4	109	38	106	49	121	11	125	3	112	12	72	17	77	5	124	62	102	17	67	100	100	100	
<i>Iheringichthys labrosus</i>	559	687	364	1982	1830	1443	1535	1654	1416	965	581	877	1008	731	1129	828	804	811	462	419	1077	571	352	100	100	100	
<i>Lycengraulis grossidens</i>	27	40	23	19	315	85	168	137	415	187	68	1	729	181	516	496	300	203	169	260	421	288	83	100	100	100	
<i>Pachyurus bonariensis</i>	109	215	130	297	379	206	296	257	295	460	55	49	258	78	316	269	193	436	160	100	195	241	162	100	100	100	
<i>Paraloricaria vetula</i>	45	35	16	95	104	30	50	55	91	132	27	9	62	20	17	22	34	31	36	17	19	22	86	100	100	100	
<i>Prochilodus lineatus</i>	1	15	2	2	1	25	12	24	4	6	664	260	63	61	9	11	14	7	16	3	78	1	14	100	100	94	
<i>Apareiodon affinis</i>	161	78	83	121	159	328	391	793	1585		215	33	648	304	297	170	75	70	189	348	361	93	5	96	100	94	
<i>Leporinus obtusidens</i>	72	35	24	6	31	176	70	61	55		171	370	155	145	87	83	36	40	39	38	59	27	7	96	80	100	
<i>Loricariichthys melanocheilus</i>		10	16	155	216	132	103	136	76	295	77	64	37	86	48	128	29	143	17	63	66	209	80	96	80	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	100	68	96	80	94	
<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	91	100	89	
<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	91	80	89	

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

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

<i>Continuación de tabla 2</i>	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		Todo	Pre-UPM	Post-UPM
Especies	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	F.O (%)	F.O (%)	F.O (%)
<i>Pellona flavipinnis</i>	6	22	3		23		8	16	5	6		2	6	1	7	34	25	11	8	29	21	21	10	87	100	78	
<i>Parapimelodus valenciennes</i>			16		265	1535	562	1746	287	1425	331	290	165	342	165	443	67	236	35	381	49	1024	116	87	80	89	
<i>Hypostomus commersoni</i>		6	7	21	6	1	10	7	5		8	10	3	6	1	3	2	6	9	2		1	2	87	40	100	
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	2	15	1	1	1		2	4	21		1		11	1	18	4	4		3	1	36	4	9	83	100	78	
<i>Ricola macrops</i>				57		61	29	60	116	278	77	4	62	33	17	19	20	30	3	18	5	28	149	83	80	83	
<i>Salminus brasiliensis</i>	5	5	3		1	3	4	48	10	3	91	13	16	7	3		4		5	3	10	1		83	80	78	
<i>Catathyridium jenynsii</i>	4	1	1	2	3	1	5		2	2	1		1	1	1	2		2		1	1	1	2	83	60	89	
<i>Cyphocharax platanus</i>		17		73	4		91	204	22		125	592	892	573	288	320	82	68	33	39	76	41	67	83	40	94	
<i>Leporinus striatus</i>				3	62	12	2	15	28	1	76	4	2	4	7		11	8	3	5	41	10	2	83	40	94	
<i>Loricariichthys edentatus</i>				31	40	56	27	23	23	207	37	6	5	4	2	23	10	24	3	5	1	3		83	20	100	
<i>Bryconamericus stramineus</i>			168		84	73	80	318	88	4	48		686	668	216	316	71	30	21	91	24	10		78	80	78	
<i>Eigenmannia virescens</i>	1	4		2	4	2	2	3	2	1	2			9	1	9		3		5	2	4	2	78	80	78	
<i>Serrasalmus maculatus</i>	4	2		1	8	1	1	4	1		139	56	20	13	3	6	1				18	1	4	78	60	72	
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	30	19	4		8	2	2	3	3		297	1	3	29		4			9	15	137	7	48	78	40	89	
<i>Odontostilbe pequirá</i>						100	11	20		2	6	62	16	209		113	4	112	9	195	167	157	1	70	100	61	
<i>Pimelodus sp.</i>	3	29	4	6	23	23	37	104	30	24	890		40	16		7	6		5					70	80	61	
<i>Ageneiosus militaris</i>		4		1	2	5		3	1		22	3	2				1	5	4	13	2	15	46	70	40	78	
<i>Cyphocharax spilotos</i>				5	3	44	14	4	10		10	80	35	1		1		4		9	1	32	13	70	0	89	
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	4	1	1		19	1	9		19		43		20		15		13		17	1	19		11	65	40	67	
<i>Hoplias malabaricus</i>	1		3		1	2	1		1		10	3	3	2	2				3		2		2	61	80	56	
<i>Crenicichla missionera</i>				3	6	8	12	23	14			2	2	12	10	10			2	1	4			61	60	61	
<i>Steindachnerina brevipinna</i>		106	50	13	4		1	1			13	2					1		1	5	21	14	10	61	20	67	
<i>Odontesthes humensis</i>		1					20	24			4	2	3	59	35	26	2		1	1		3		57	60	56	
<i>Rhinodoras dorbignyi</i>			3	29	6	11	4		13	15	1	1	1								2	7	49	57	20	61	

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

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

Continuación de tabla 2	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		Todo	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			
<i>Loricariichthys anus</i>		51					1	1	3		1		2	1	3		5	3	4		3				52	80	44
<i>Hypostomus aspilogaster</i>					2	1	1	2	2	3	1	1		3							1	1	3		52	20	61
<i>Oligosarcus sp.</i>	23	9		3	9	23	19	165	44	5	12		27	8											52	20	61
<i>Pimelodus maculatus</i>				8								86	3		14	10	7	5	12	7	7	16	70		52	20	56
<i>Crenicichla vittata</i>				1			1	3	2	1			1	1	1				1		2		1		48	60	39
<i>Oligosarcus oligolepis</i>												3	2		7	66	37	17	15	21		4	9		43	60	39
<i>Schizodon nasutus</i>		29	3	7		1		1			1			1						1	1	8			43	60	33
<i>Brycon orbignyanus</i>	8	1			3	1	1				13	2		1				1					19		43	20	50
<i>Crenicichla minuano</i>			14				3	17	4			2	1		5	12		4		1					43	20	50
<i>Homodiaetus sp.</i>					21		18	3	3	2			1					6	6	4	3				43	0	56
<i>Odontesthes perugiae</i>								20	56	2		2	3	18	31	13			6		7				43	0	56
<i>Pygocentrus nattereri</i>		5		1	3	1		5				1					2					1	7		39	20	39
<i>Trachelyopterus galeatus</i>		1		1	2						33	1	4								4		5		35	80	17
<i>Potamotrygon brachyura</i>						1		2		1		1		1		2		1	1						35	60	28
<i>Cyphocharax voga</i>	50							1	1						1	1	10	17				2			35	20	39
<i>Loricariichthys sp.</i>					130	20		2	1	4				1			1		5						35	0	44
<i>Ramnogaster melanostoma</i>					21	20	1	4					66	3		176									30	60	22
<i>Platanichthys platana</i>							1						55	91	11	23		3		1					30	20	33
<i>Rhamdia quelen</i>	1	1	4				3	2					1										1		30	20	28
<i>Pimelodus albicans</i>	31	258	3	523		10				1	1														30	0	39
<i>Bryconamericus iheringii</i>				38										6		31	1	1				1			26	20	28
<i>Characidium sp.</i>					1	17		1	2				1	6											26	20	28
<i>Schizodon platae</i>											9	1		2	1							3	1		26	20	22
<i>Schizodon borelli</i>		3											4	3	5	1						1			26	0	33

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

1- Laboratorio de Evolución, 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.

Abril 2016

Continuación de tabla 2	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		Todo	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				F.O (%)
<i>Ageneiosus inermis</i>	12											1				1		3						8	22	20	22	
<i>Bunocephalus sp.</i>				1		1						1				3							1		22	20	22	
<i>Loricariinae sp.</i>	35															1					1	2	1	22	20	22		
<i>Rhineloricaria sp.</i>						5	1	2	3	1														22	20	17		
<i>Odontesthes bonariensis</i>					1	7	198	2				5												22	0	28		
<i>Oligosarcus jenynsii</i>																		10		1	12	19	1	22	0	28		
<i>Pimelodella australis</i>																		48		3	5	9	1	22	0	28		
<i>Characidium zebra</i>											1				1		18			2				17	60	6		
<i>Galeocharax humeralis</i>																				15	56	4	63	17	60	6		
<i>Brochiloricaria sp.</i>					2	30																1	1	17	0	22		
<i>Crenicichla sp.</i>	2	15			3	1																		17	0	22		
<i>Hypostomus alatus</i>		6		4	1						1													17	0	22		
<i>Loricaria sp.</i>						6				1				1										17	0	22		
<i>Pimelodus absconditus</i>																				17	16	9	9	17	0	22		
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>											15	5	1	2										17	0	17		
<i>Gymnogeophagus australis</i>						2	13	8																13	20	11		
<i>Otocinclus flexilis</i>												1											1	3	13	20	11	
<i>Auchenipterus osteomystax</i>																				1	1			13	0	17		
<i>Bryconamericus sp.</i>															26		50		1					13	0	17		
<i>Gymnotus carapo</i>				2																				1	1	13	0	17
<i>Hoplosternun littorale</i>																					1		1	7	13	0	17	
<i>Pterodoras granulosus</i>	2										20	1												13	0	17		
<i>Reoboides bonariensis</i>															1							1	4	13	0	17		
<i>Sorubim lima</i>							1				16											1		13	0	11		

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

1- Laboratorio de Evolución, 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.

Abril 2016

Continuación de tabla 2	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		Todo	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			
<i>Pseudobunocephalus iheringii</i>																			1	2					9	40	0
<i>Charax stenopterus</i>															1					1					9	20	6
<i>Crenichla scotti</i>														1						1					9	20	6
<i>Gymnotus sp.</i>				1						1															9	20	6
<i>Characidium tenue</i>																				7		5			9	0	11
<i>Cheirodon interruptus</i>				16				1																	9	0	11
<i>Hypostomus luteomaculatus</i>				2												1									9	0	11
<i>Parastegophilus</i>																					9	1			9	0	11
<i>Pseudohemiodon sp.</i>				3	1																				9	0	11
<i>Trachelyopterus teaguei</i>																				3			4		9	0	6
<i>Characidium rachovii</i>																					1				4	20	0
<i>Serrasalmus marginatus</i>				1																					4	20	0
<i>Microglanis</i>																						1			4	20	0
<i>Brachyhyopomus sp.</i>																				1					4	0	6
<i>Callichthys callichthys</i>										6															4	0	6
<i>Crenichla lepidota</i>				3																					4	0	6
<i>Cyphocharax saladensis</i>															1										4	0	6
<i>Eigenmannia trilineata</i>																						4			4	0	6
<i>Hisonotus sp.</i>																									4	0	6
<i>Hyphessobrycon meridionalis</i>						1																			4	0	6
<i>Hypostomus derbyi</i>							1																		4	0	6
<i>Hypostomus microstomus</i>															1										4	0	6
<i>Hypostomus sp.</i>								1																	4	0	6
<i>Leporellus pictus</i>																					1				4	0	6

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

1- Laboratorio de Evolución, 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.

Abril 2016

<i>Continuación de tabla 2</i>	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		Todo	Pre-UPM	Post-UPM
Especies	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	F.O (%)	F.O (%)	F.O (%)
<i>Leporinus lacustris</i>											2														4	0	6
<i>Odontesthes sp.</i>	3																								4	0	6
<i>Pseudopimelodus manguirus</i>									1																4	0	6
<i>Rhinelepis aspera</i>										1															4	0	6
<i>Rhoeboides affinis</i>																							9		4	0	6
<i>Synbrabchus marmoratus</i>							1																		4	0	6
<i>Triportheus sp.</i>											2														4	0	6

Ivan González-Bergonzoni¹, Alejandro D'Anatro¹, Samanta Stebniki¹, Nicolás Vidal¹, Franco Teixeira de Mello²

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