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, 2018

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, 2018

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: 54
Figuras: 10
Tablas: 4
Apéndices: 4

Imagen de tapa: Ejemplares de *L. melanocheilus* colectados en Fray Bentos, diciembre, 2018.

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

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 2005-2018 13

PERÍODO DICIEMBRE 2018 18

CONDICIÓN DE LA ESPECIE INDICADORA 27

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 31

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 34

APÉNDICES 38

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

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 de forma ininterrumpida 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, catalogada 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 y utilizadas para monitoreos 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, en promedio, 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 observado también la existencia de una gran variabilidad temporal en la estructura comunitaria de los peces, aunque sin existir grandes diferencias en la abundancia, biomasa y diversidad específica total entre la zona de referencia y las dos zonas receptoras de efluentes. Estos resultados indicarían que la variabilidad en la comunidad

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

de peces podría estar influenciada por otros factores ambientales independientes de las actividades de la planta de UPM S.A. 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.*, 2018a). 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, López-Rodríguez *et al*., 2018a 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 de 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, comparando zonas de referencia con zonas expuestas, y también 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 el sistema del río Uruguay 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 representación de diversas clases de talla, a su probable carácter local y 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), que confirmaría el carácter local de la especie al menos en determinados períodos. Sin embargo, no existen estudios detallados sobre

migraciones entre las tres áreas de estudio (véase como excepción Calvelo *et al.*, 2013). No obstante, sí existe evidencia de migraciones locales (i.e. de corta distancia) de esta especie con fines reproductivos desde el Río Paraná hacia pequeños arroyos afluentes (Vazzoler, 1996; Holzbach *et al.*, 2009), lo que podría apoyar la posible migración entre las tres zonas de estudio.

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 1.5-2 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 también 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 de referencia (Nuevo Berlín) y dos áreas receptoras de efluente de UPM S.A. (Fray Bentos y Las Cañas), llevado a cabo en dos semans consecutivas entre los meses de noviembre-diciembre de 2018 (período comprendido entre los días 30 de noviembre-2 de diciembre y 7-9 de diciembre). Este monitoreo se realiza en forma conjunta y complementaria al monitoreo de calidad de agua y de exposición de moluscos y peces a contaminantes, realizado en los mismos sitios y durante los mismos períodos a cargo de UPM S.A. (e.g. Tana, 2014; López-Rodríguez *et al.*, 2018b).

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 *Eucaliptus 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 Lo-Solids®, en un digestor continuo de 3200 m^3. El proceso de deslignificación continúa por medio de un

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

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 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 m^3, 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^3, en dos líneas, con un tiempo de residencia hidráulica de aproximadamente 48 horas. El promedio anual de flujo del efluente en el 2018 previo al monitoreo fue de 16,2 m^3/ADT (tonelada de pulpa seca, ADT por sus siglas en inglés: “*Air-Dried Ton of pulp*”). Durante el presente período de estudio en noviembre-diciembre de 2018 (datos entre 30/11/2018 al 2/12/2018 y entre 7/12/2018 al 9/12/2018) el flujo diario fue de 15,5 m^3/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 2018 (octubre-diciembre), así como para el último período de muestreo (30 de noviembre-2 de diciembre

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D’Anatro[1*]

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

y 7-9 de diciembre). 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 último trimestre de 2018 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 de 2018, así como durante el período de muestreo (30 de noviembre-2 de diciembre y 7-9 de diciembre) 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 (m3/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 octubre-diciembre 2018	3,6	0,140	0,030	0,044	0,016	0,180	16,20
Período de muestreo noviembre-diciembre 2018	3,4	0,12	0,032	0,028	0,014	0,14	15,5

*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 en el período comprendido entre los días 30 de noviembre-2 de diciembre y entre el 7-9 de diciembre, 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 exposición a contaminantes en músculo y bilis de peces así como en *Limnoperna fortunei* con diferente exposición al efluente

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

también fueron realizados simultáneamente en dichas áreas y serán reportados en el informe de exposición de diciembre 2018 (López-Rodríguez *et al.*, 2018c, *en preparación*.).

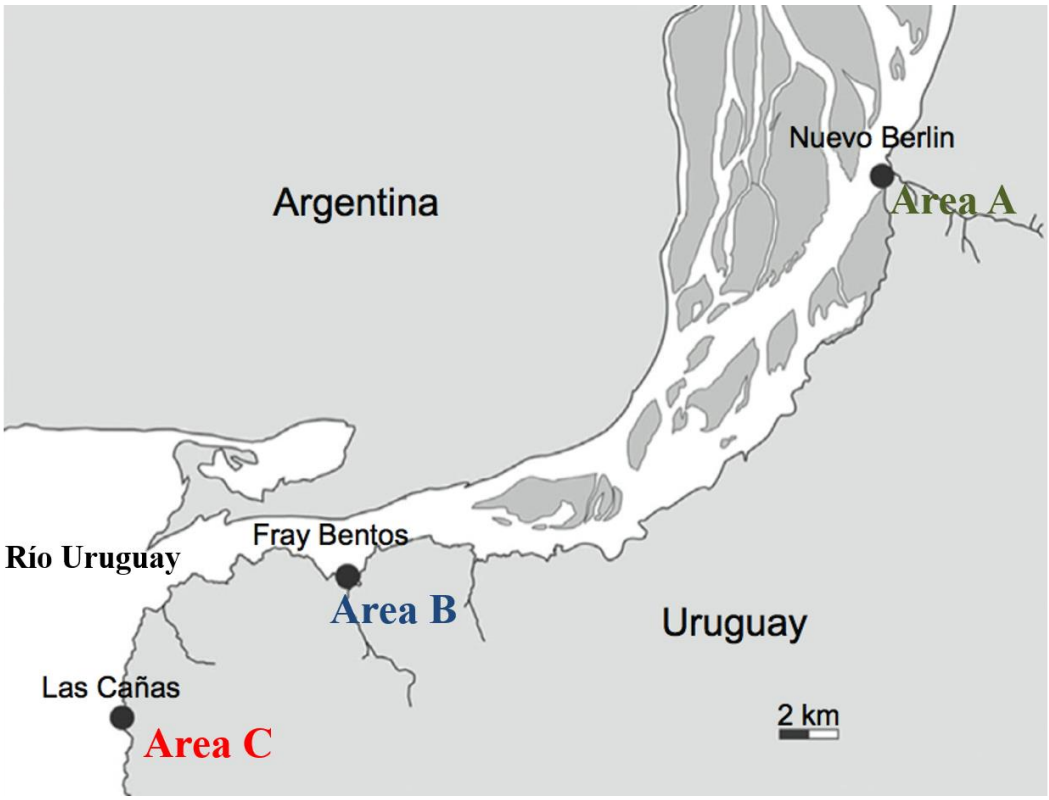

Figura 1. Áreas de monitoreo de la comunidad de peces. Área A: Nuevo Berlín como área de referencia. Área B: Fray Bentos, bahía del Arroyo Yaguareté como área receptora cercana al efluente de UPM S.A. Área C: Las Cañas como área receptora lejana del efluente de la planta de UPM S.A. Figura modificada 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 a las 20:00 hs aproximadamente y fueron levantadas a las 8:00 hs. 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 o pelágica (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 repetido con una semana

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

de diferencia en un mismo sitio. En total 16 redes fueron caladas en cada sitio, 8 en la zona litoral y 8 en la zona media.

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 o 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.* 2018a).

El bagre trompudo *Iheringichthys labrosus* (Siluriformes, Pimelodidade) fue utilizada como especie 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 (>13 cm de longitud estándar) incluidos en una o más réplicas dependiendo de la abundancia de la especie.

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.

Período 2005- 2018

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 abril de 2007 y, como situación posterior a la instalación de la planta de UPM S.A. los muestreos de comunidad de peces entre noviembre 2007- diciembre 2018. Cabe destacar 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 réplicas 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 2018

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 redes (cada set consiste de dos redes unidas en serie) fue tratado como 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 ($\alpha = 0,05$) y Tukey *post hoc* 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 *post hoc*. 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 test 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 malformaciones macroscópicas en el cuerpo y aletas como posibles rasgos indicadores de enfermedades.

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 con el peso de su hígado y de las gónadas respecto a su tamaño corporal. En este caso el Factor de Condición de Fulton [FC = 100 x (peso corporal/(largo estándar)^3] describe que tan "gordos" o "delgados" están los peces en cada área (Froese, 2006) y los Índices Hepato-Somático [IHS = 100 x (peso del hígado/peso corporal)] y Gonado-Somático [IGS = 100 x (peso de las gónadas/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 el calculo de los 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 y a bibliografía que define el tamaño de la madurez >11.5cm (de Santa *et al.* 2016)). Al utilizar 13 cm como límite inferior nos asegurarnos que todos los individuos analizados alcanzaron la madurez sexual, lo que asegura la comparabilidad de los resultados entre sitios.

Las comparaciones de FC, IHS e IGS entre las tres áreas se realizaron mediante tests de ANOVA (para los datos que se ajustaron a distribución normal y homogeneidad de varianza), seguido del test de Tukey en caso de encontarr diferencias significativas. Cuando los datos no cumplieron con los supuestos, se utilizó el test Kruskal-Wallis, seguido del test de Mann-Whitney en caso de encontrar diferencias significativas.

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Período 2005- diciembre 2018

El número de especies colectadas ha sido altamente variable entre años a lo largo de todo el período de muestreo, oscilando entre 0 y 32 especies colectadas en promedio por set de redes. La menor riqueza específica de todo el período se observó durante el presente muestreo en Nuevo Berlín, donde una de las réplicas no capturó ningún individuo. Cabe destacar que el río se encontraba crecido, y es en estas situaciones que puede pasar que las redes se tupen con debris transportados por el río, dificultando la pesca. La variación 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. Sin embargo, la mayor riqueza especifica de todo el período fue capturada durante el muestreo de diciembre de 2016 en Nuevo Berlín, con 32 especies en una misma réplica, no coincidiendo con aumentos de riqueza en Fray Bentos o Las Cañas en ese período (Figura 2).

La riqueza por unidad de esfuerzo en el período post-UPM fue mayor que aquella encontrada en el período de línea de base (K-W, $Chi^2 = 4,28$; $p = 0,04$), lo que podría deberse a que en el período posterior a la instalación de la planta, existe mayor número de eventos de muestreo, aumentando la probabilidad de capturar de forma continua un mayor número de especies (Fig. 2, Apéndice 1). El análisis estadístico reveló que la riqueza específica también difiere entre los sitios de muestreo, siendo siempre significativamente menor en Las Cañas (K-W, $Chi^2 = 58,21$; $p < 0,001$) (Fig. 2, Apéndice 1). Cabe destacar que estas diferencias entre los tres sitios, ya fueron encontradas 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.

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, $F_{(1,595)} = 0,25$; $p = 0,62$; Fig. 3; Apéndice 1). La menor abundancia total (CPUE) fue obtenida en el presente muestreo en la localidad de Nuevo Berlín, siendo en Las Cañas el segundo valor más bajo de todo el período de muestreo (Fig. 3). Comparando entre los sitios, se observa que la CPUE abundancia total fue mayor en Fray Bentos, que en los otros dos sitios (ANOVA, $F = 42,9$; $p < 0,001$, diferencias entre sitios: test *post hoc* Tukey). 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). Estas diferencias no pudieron ser analizadas estadísticamente por falta de réplicas, por lo que no se puede establecer la magnitud de las mismas. En el período post-UPM, la abundancia en Fray Bentos es mayor que en Nuevo Berlín y Las Cañas (ANOVA, F = 4,34; p = 0,01 en la interacción sitio*período) (Apéndice 1).

La CPUE en términos de biomasa tampoco mostró difrerencias entre el período pre y post-UPM (ANOVA, $F_{(1:595)}$ = 0,34; p = 0,76) pero sí mostró diferencias entre los tres sitios de estudio (F = 68,9; p= $2x10^{-16}$), repitiéndose el patrón observado en muestreos previos de menor biomasa en las zona de Las Cañas, intermedia en Nuevo Berlín y máxima en Fray Bentos (Test *Post hoc* Tukey Figs. 4 y 5; Apéndice 1) (e.g. López-Rodríguez *et al.*, 2016, 2017a, 2018a). Sin embargo, 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 =3,23; p = 0,04, en la interacción sitio*período) observándose una biomasa mayor en Fray Bentos que en Nuevo Berlín. Esto podría ser producto del aumento en el número de muestreos en el período post-UPM (muestreos bianuales), aumentando el número de eventos y por tanto la probabilidad de detección estadística de diferencias más sutiles, al igual que fue mencionado para la abundancia.

La consistencia en las oscilaciones temporales de las capturas en términos de riqueza, abundancia y biomasa de peces en los tres sitios, 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 (en términos biomasa) 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). De forma similar, luego del aumento del nivel del río ocurrido entre diciembre 2015 y abril 2016, se registró un pico en la biomasa de peces en los tres sitios de estudio (en el muestreo de primavera de 2016, Fig. 5). En el presente muestreo se registraron bajas biomasas de peces, encontrándose el río en un momento de ascenso de caudal. Este patrón coincide con observaciones en muestreos anteriores donde en los momentos de aumento de caudal la biomasa tiende a disminuir para luego aumentar hacia los muestreos siguientes (Fig. 5). Relaciones positivas entre el nivel del río y la abundancia de peces en sistemas cercanos como el río Paraná, han sido registradas para varias especies de peces de importancia comercial (e.g. Oldani, 1990; Stassen *et al*., 2010). De forma similar, la biomasa total y relativa de sábalo (*Prochilodus*

lineatus) en el periodo 2005-2018 en nuestros estudios, se correlaciona positivamente con el nivel promedio del río en el año anterior al muestreo (González-Bergonzoni *et al*, 2019).

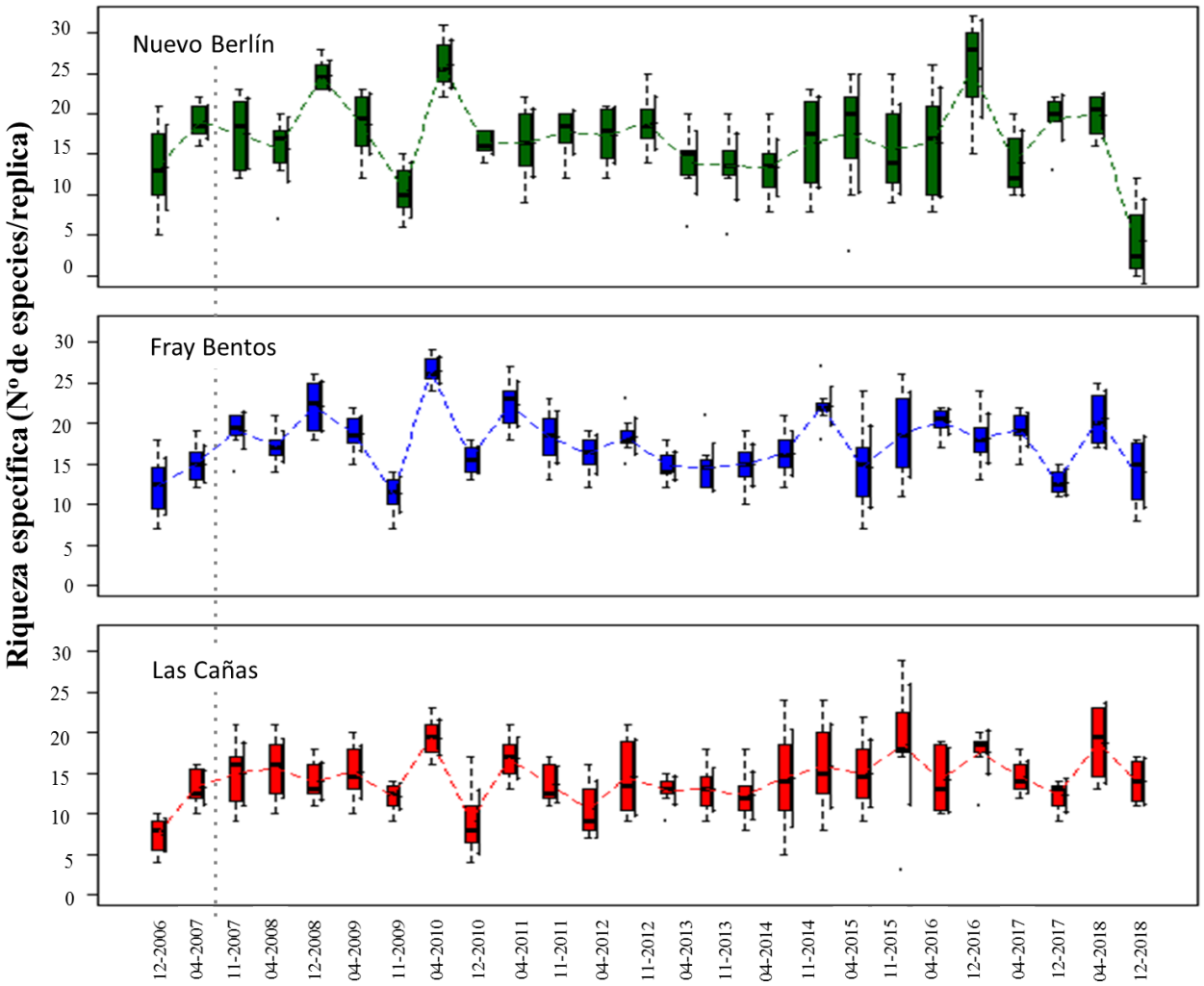

Figura 2. Evolución de la riqueza específica de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (diciembre de 2018) en los tres sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal de cada muestreo (n = 8 por sitio por 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 [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

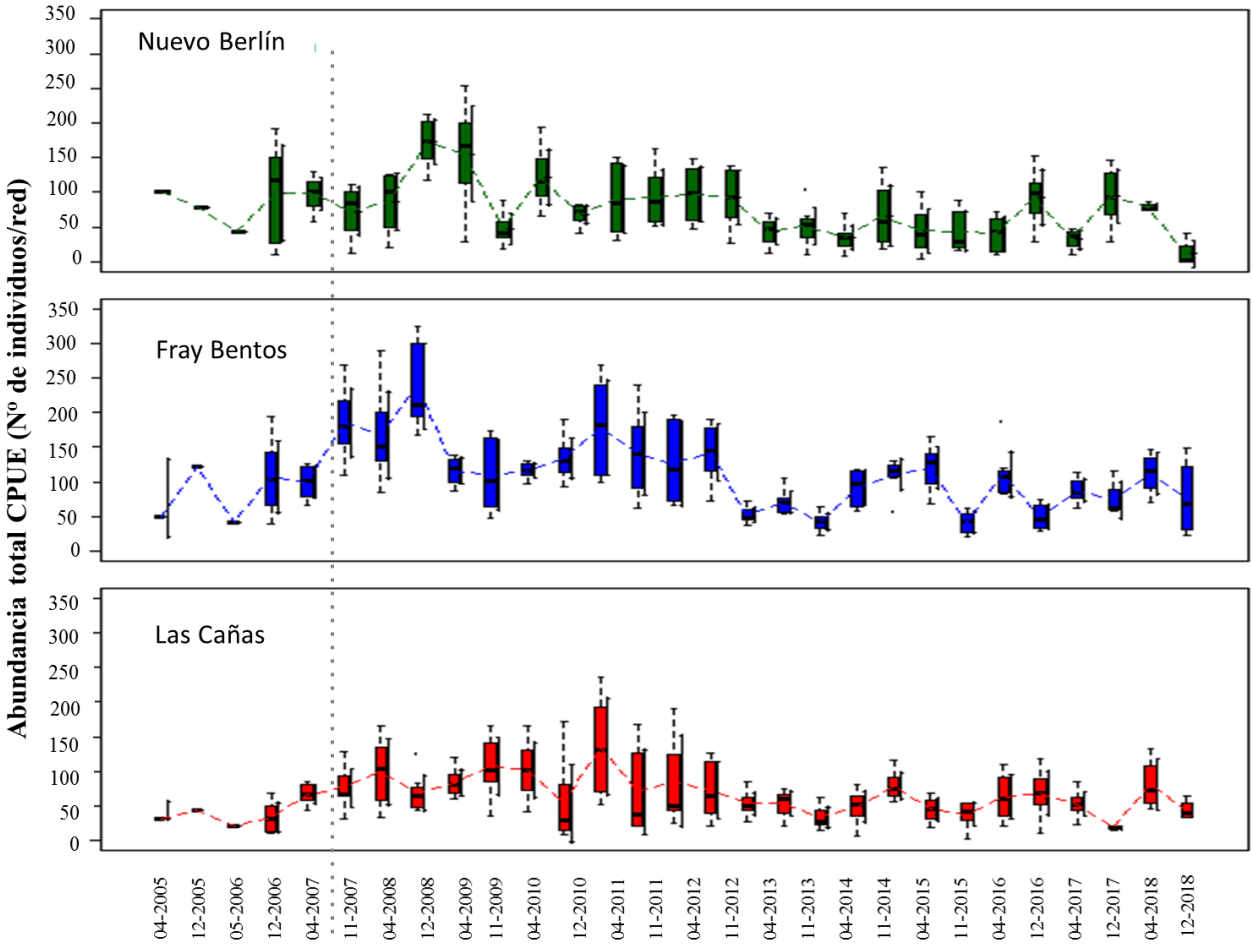

Figura 3. Evolución de la abundancia de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (diciembre de 2018) en los tres sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal de cada muestreo (n = 8 por sitio por muestreo). 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 [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

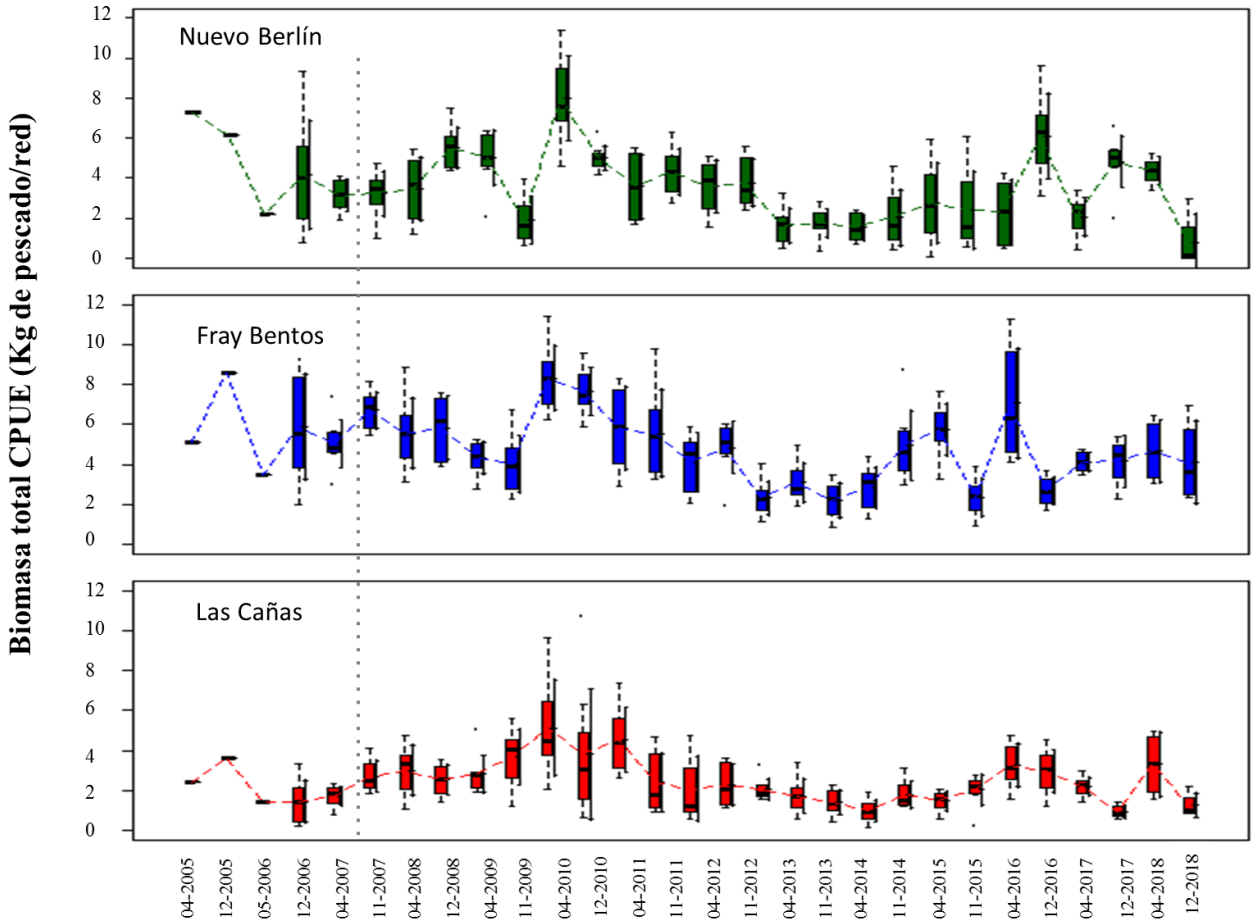

Figura 4. Evolución de la biomasa de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (diciembre de 2018) en los tres sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal de cada muestreo (n = 8 por sitio por muestreo). 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 [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

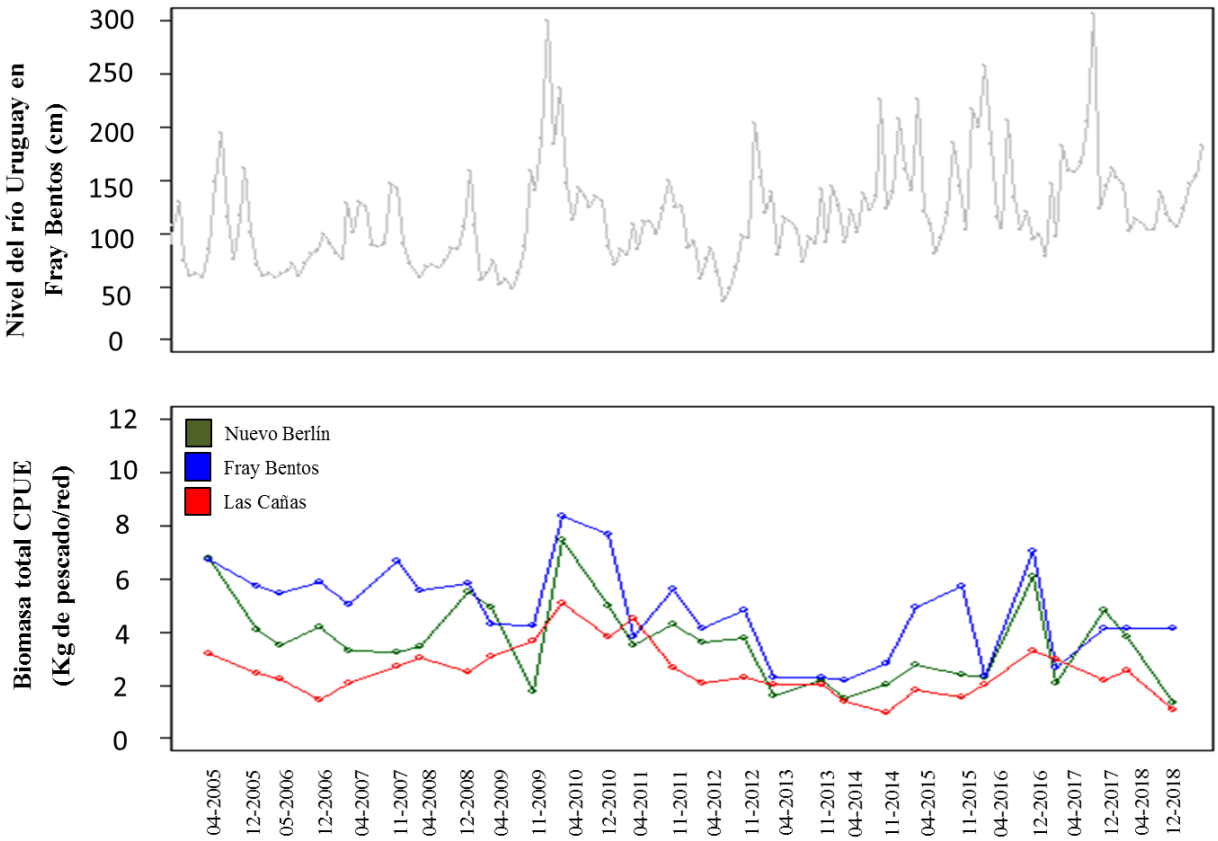

Figura 5. Variaciones en el caudal del río Uruguay (arriba, nivel del río medido en Fray Bentos, en cm.) y evolución de la biomasa de peces colectada por unidad de esfuerzo desde los estudios de línea de base (abril de 2005) hasta el presente período (diciembre de 2018) (abajo). En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas.

Período diciembre 2018

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES

Durante el presente período de monitoreo fueron colectadas un total de 45 especies entre los tres sitios, encontrándose 27 especies en Nuevo Berlín, 30 en Fray Bentos y 29 en Las Cañas (Tabla 2, Apéndice 2). El total de especies colectadas y por sitio descendió con respecto tanto al muestreo previo de otoño (abril 2018) como al de primavera de 2017 (López-Rodríguez *et al*., 2017b, 2018a). En este período fue colectada por primera vez la especie *Odontesthes argentinensis*, capturándose tres individuos en el área de Las Cañas. Esto respresenta un nuevo registro en estos muestreos

respecto a las especies registradas previamente, incluyendo los estudios de línea de base (Tana, 2007, 2013, 2014; González-Bergonzoni *et al.* 2015, 2016, López-Rodríguez *et al*., 2016, 2017a) (Apéndice 2). El número total y la identidad de las especies colectadas durante este programa de monitoreo se detallan en el Apéndice 2.

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), *Loricariichthys melanochelius, Parapimelodus valenciennes* y *Megaleporinus obtusidens* (Boga previamente denonimada como *Leporinus obtusidens*) fueron las especies más importantes, siendo las únicas que superaron cada una de ellas los 10,0 Kg capturados por red. Sin embargo, a pesar de estar presentes en todas las estaciones de muestreo, muestran diferentes abundancias y biomasas relativas en cada sitio (Tabla 2). De estas especies, *Loricariichthys melanochelius* fue la especie que presentó mayor biomasa total (ca. 32,0 Kg, representando el 30% del total colectado; Tabla 2, Figura 6). La biomasa de esta especie se triplicó con respecto a los dos muestreos previos (primavera 2017 y otoño 2018) (López-Rodríguez *et al.*, 2017b, 2018a). Cabe destacar que a pesar de ser la especie dominante en términos de biomasa, es la tercera en términos de abundancia, representamdo el 12% de la abundancia total capturada en el muestreo (Tabla 2).

Al analizar los sitios por separado, se observa que *Loricariichthys melanocheilus* fue la especie dominante en términos de biomasa únicamente en Fray Bentos (30,0 kg, representando un 46 % de la biomasa total en esa localidad; Tabla 2). Por su parte, en Nuevo Berlín existió una dominancia en términos de biomasa de *M. obtusidens* (más de 5,0 kg, representando el 25% de la biomasa), así como en Las Cañas (ca. 5,0 kg, representando el 27% de la biomasa, Tabla 2).

Como en muestreos previos, *I. labrosus* alcanzó una elevada biomasa total considerando los tres sitios de muestreo, representando un total de 7,5 kg. Sin embargo disminuyó su captura respecto al muestreo previo en abril de 2018, donde había alcanzado una biomasa total de ca. 22 kg. Esta disminución acompaña a la disminución observada en la biomasa total en este muestreo respecto al muestreo previo (Fig. 4). Cabe destacar igualmente que en el presente muestreo, esta especie fue la cuarta especie más importante en términos de biomasa, y la segunda en términos de abundancia total, representando el 25% de los individuos colectados (Tabla 2, Figura 6). 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 en las Cañas y la cuarta en Fray Bentos (3,0 kg, 2,5 kg y *ca*. 2,0 kg, respectivamente) (Tabla 2).

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. Apéndices 3 y 4). En este sentido, observamos que la abundancia y biomasa de *P. valenciennis* mostró un comportamiento similar en muestreos de primavera previos, con aumentos en abundancia respecto a los muestreos de otoño. Estos cambios en abundancia estacionales han ocurrido básicamente durante todos los monitoreos efectuados hasta el momento (Apéndice 4). Las fluctuaciones observadas podrían corresponder a migraciones reproductivas y/o alimenticias de esta especie durante primavera. En este sentido las hembras capturadas durante este período se encontraban en un estado de maduración avanzada (IGS=3.2±1.0).

A lo largo de todos los años de estudio (2005-2018) 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. Apéndice 3 y 4). En este muestreo, parece seguir ese patrón, con únicamente 1 individuo colectado de esta especie, representado una biomasa de ca. 0,4 kg. Sin embargo desde el muestreo de diciembre de 2016 se vienen observando diferencias en la dinámica de las abundancias, no mostrando un patrón claro (Apéndice 3 y 4). Estas dinámicas diferentes en las abundancias de *A. pantaneiro* podrían responder a cambios en las ventanas temporales en las que ocurren las crecidas del río y que afecten la distribución de esta especie.

Tabla 2. Resumen de las capturas de peces en el presente período de estudio (diciembre 2018) 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 proprción 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.)
Loricariichthys melanocheilus	4(0.01)	505.8(0.02)	225(0.19)	30118.7(0.46)	15(0.03)	1060(0.06)	244(0.12)	31684.5(0.3)
Parapimelodus valenciennes	26(0.07)	2517.9(0.12)	565(0.47)	19376.9(0.29)	10(0.02)	643.7(0.04)	601(0.29)	22538.5(0.21)
Megaleporinus obtusidens	17(0.05)	5394(0.25)	8(0.007)	2478(0.04)	13(0.03)	4694.7(0.27)	38(0.02)	12566.7(0.12)
Iheringichthys labrosus	142(0.39)	3003.7(0.14)	142(0.12)	2024.9(0.03)	228(0.46)	2512(0.14)	512(0.25)	7540.6(0.07)
Loricariichthys anus	1(0.003)	626(0.03)	1(0.0008)	933(0.01)	3(0.006)	1776(0.1)	5(0.002)	3335(0.03)
Prochilodus lineatus	5(0.01)	1989(0.09)	2(0.002)	592(0.009)	(0)	(0)	7(0.003)	2581(0.025)
Paraloricaria vetula	14(0.04)	1814.9(0.08)	(0)	(0)	1(0.002)	553(0.03)	15(0.007)	2367.9(0.02)
Cyphocharax platanus	21(0.06)	827.3(0.04)	29(0.02)	1330.6(0.02)	8(0.02)	202.6(0.01)	58(0.03)	2360.5(0.02)
Hypostomus commersoni	1(0.003)	306(0.01)	1(0.0008)	840(0.01)	2(0.004)	1113(0.06)	4(0.002)	2259(0.02)
Pachyurus bonariensis	29(0.08)	712.7(0.03)	36(0.03)	965.1(0.01)	16(0.03)	392.6(0.02)	81(0.04)	2070.4(0.02)
Cynopotamus argenteus	7(0.02)	505.9(0.02)	9(0.007)	639.1(0.01)	9(0.02)	917.6(0.05)	25(0.01)	2062.6(0.02)
Pimelodus maculatus	7(0.02)	1340(0.06)	(0)	(0)	1(0.002)	486(0.03)	8(0.004)	1826(0.02)
Hoplias malabaricus	(0)	(0)	2(0.002)	1767(0.03)	(0)	(0)	2(0.001)	1767(0.02)
Astyanax sp.	26(0.07)	234.3(0.01)	70(0.06)	771.4(0.01)	47(0.09)	555.2(0.03)	143(0.07)	1560.9(0.01)
Salminus brasiliensis	1(0.003)	696(0.03)	(0)	(0)	2(0.004)	679.2(0.04)	3(0.001)	1375.2(0.01)
Pellona flavipinnis	2(0.005)	73(0.003)	4(0.003)	735.2(0.01)	3(0.006)	415.3(0.02)	9(0.004)	1223.5(0.01)
Ageneiosus militaris	(0)	(0)	3(0.0025)	763(0.01)	(0)	(0)	3(0.001)	763(0.007)
Pygocentrus nattereri	(0)	(0)	2(0.002)	599(0.009)	(0)	(0)	2(0.001)	599(0.006)
Ricola macrops	12(0.03)	498.5(0.02)	1(0.0008)	57.6(0.0009)	3(0.006)	31.3(0.002)	16(0.008)	587.4(0.006)
Rinelepis	(0)	(0)	1(0.0008)	528(0.008)	(0)	(0)	1(0.0005)	528(0.005)
Lycengraulis grossidens	(0)	(0)	(0)	(0)	27(0.05)	491.7(0.03)	27(0.01)	491.7(0.005)
Luciopimelodus pati	(0)	(0)	1(0.0008)	291(0.004)	1(0.002)	155.5(0.009)	2(0.001)	446.5(0.004)
Acestrorhynchus pantaneiro	(0)	(0)	1(0.0008)	395(0.006)	(0)	(0)	1(0.0005)	395(0.004)
Ramnogaster	(0)	(0)	48(0.04)	375(0.006)	2(0.004)	10.5(0.0006)	50(0.02)	385.5(0.004)
Odontesthes spp. (aff. argentinensis)	(0)	(0)	(0)	(0)	3(0.006)	295.3(0.02)	3(0.001)	295.3(0.003)
Apareiodon affinis	9(0.02)	47.4(0.002)	6(0.005)	32.3(0.0005)	21(0.04)	204.3(0.01)	36(0.02)	284(0.003)
Ageneiosus inermis	(0)	(0)	1(0.0008)	187.1(0.003)	(0)	(0)	1(0.0005)	187.1(0.002)
Pimelodella gracilis	18(0.05)	146.9(0.007)	(0)	(0)	2(0.004)	29.5(0.002)	20(0.01)	176.4(0.002)
Odontesthes humensis	(0)	(0)	(0)	(0)	5(0.01)	133.8(0.008)	5(0.002)	133.8(0.001)
Bryconamericus stramineus	6(0.02)	11.8(0.0005)	9(0.007)	18(0.0003)	38(0.08)	101.5(0.006)	53(0.03)	131.3(0.001)
Oligosarcus oligolepis	3(0.008)	62.9(0.003)	1(0.0008)	20.5(0.0003)	3(0.006)	33.4(0.002)	7(0.003)	116.8(0.001)
Cyphocharax voga	2(0.005)	85.4(0.004)	(0)	(0)	(0)	(0)	2(0.001)	85.4(0.0008)
Pimelodus absconditus	3(0.008)	58.9(0.003)	(0)	(0)	(0)	(0)	3(0.001)	58.9(0.0006)
Auchenipterus nuchalis	(0)	(0)	2(0.002)	56.2(0.0009)	(0)	(0)	2(0.001)	56.2(0.0005)

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Steindachnerina brevipinna	2(0.005)	21.4(0.001)	3(0.002)	33.6(0.0005)	(0)	(0)	5(0.002)	55(0.0005)
Platanichthys platana	(0)	(0)	17(0.01)	43(0.0007)	(0)	(0)	17(0.008)	43(0.0004)
Rhinodoras dorbygni	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0.002)	40.5(0.002)	1(0.0005)	40.5(0.0004)
Eigenmania virescens	(0)	(0)	1(0.0008)	37.2(0.0006)	(0)	(0)	1(0.0005)	37.2(0.0004)
Astyanax abramis	1(0.003)	18.7(0.0009)	(0)	(0)	1(0.002)	16.5(0.0009)	2(0.001)	35.2(0.0003)
Odontostilbe pequira	3(0.008)	4.5(0.0002)	11(0.009)	11.4(0.0002)	24(0.05)	18.8(0.001)	38(0.02)	34.7(0.0003)
Ramnogaster melanostoma	(0)	(0)	(0)	(0)	6(0.01)	29.9(0.002)	6(0.003)	29.9(0.0003)
Galeocharax humeralis	(0)	(0)	1(0.0008)	18.9(0.0003)	(0)	(0)	1(0.0005)	18.9(0.0002)
Loricariichthys edentatus	(0)	(0)	(0)	(0)	4(0.008)	18.6(0.001)	4(0.002)	18.6(0.0002)
Characidium rachovii	1(0.003)	1(0.00005)	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0.0005)	1(0.00001)
Otocinclus	1(0.003)	0.9(0.00004)	(0)	(0)	(0)	(0)	1(0.0005)	0.9(0.000009)

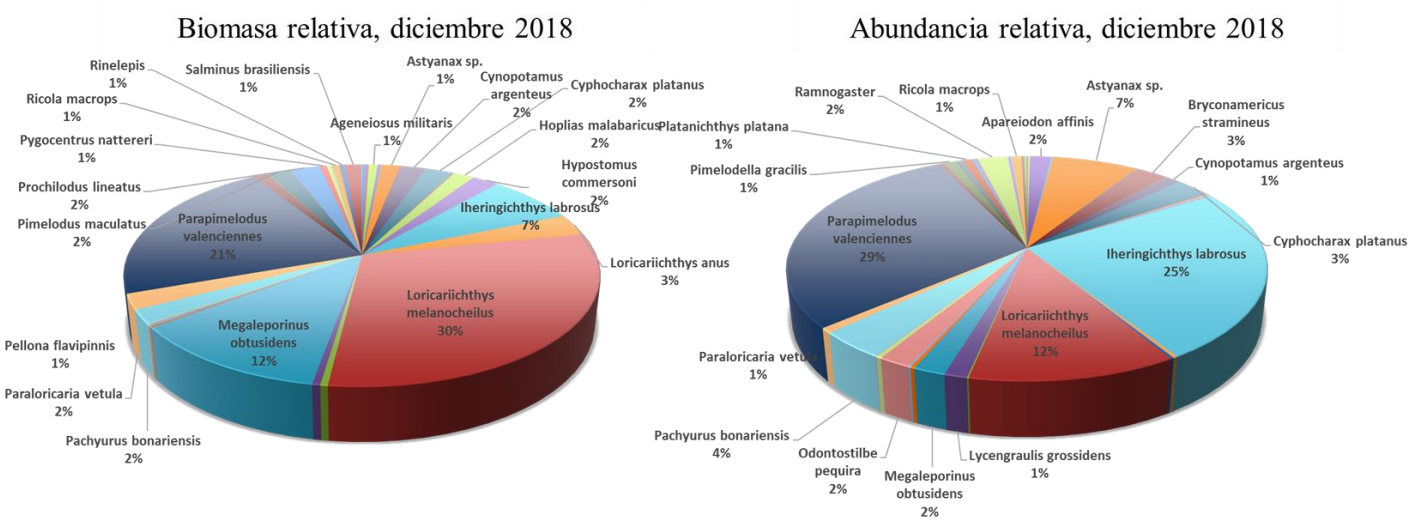

Figura 6: Composición específica de la comunidad en términos de abundancia y biomasa relativa de cada especie colectada en diciembre 2018 en la suma de los tres sitios estudiados. Se omiten los valores inferiores al 1% para optimizar la visualización. Los detalles y datos específicos para cada sitio de muestreo se muestran en la Tabla 2.

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Comparación de capturas entre ambientes y muestreos

Al comparar entre las semanas de muestreo, las capturas de peces, en términos de abundancia por red únicamente difierieron en la localidad de Las Cañas, encontrándose una mayor abundancia en la segunda semana de muestreo (ANOVA: F= 19,13; p = 0,01) (Figura 7; Apéndice 1).
En lo que refiere a la biomasa capturada, no se encontraron diferencias entre semanas en ninguno de los tres sitios de muestreo (ANOVA; p > 0,05 para todos los sitios) (Figura 7; Apéndice 1).
Finalmente, al comparar la riqueza de especies capturada entre semanas, el único sitio que mostró diferencias fue Nuevo Berlín, con mayor riqueza de especies capturadas en la primer semana de muestreo (ANOVA: F=10,47; p = 0,03) (Figura 7; Apéndice 1).

Por otra parte, al comparar las áreas muestreadas en los tres sitios (litoral vs. zona media) se encontraron diferencias únicamente en la biomasa capturada en Las Cañas, capturándose mayor biomasa en la zona litoral que en la zona media (ANOVA: F = 15,46; p=0,01). En las otras dos localidades no se encontraron diferencias en biomasa entre hábitats muestreados (ANOVA; p> 0,05 en todos los casos) (Figura 8; Apéndice 1).
En el caso de la abundancia y riqueza de especies colectada, no se encontraron diferencias entre hábitats muestreados en ninguno de las tres estaciones de muestreo (ANOVA; p> 0,05 en todos los casos) (Figura 8; Apéndice 1).
Las diferencias en el uso del espacio por la comunidad de peces en Las Cañas, con mayor biomasa en la zona litoral, pueden deberse a que las condiciones del ambiente son diferentes a las halladas en las otras zonas analizadas. En este sentido, Las Cañas se presenta como 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).

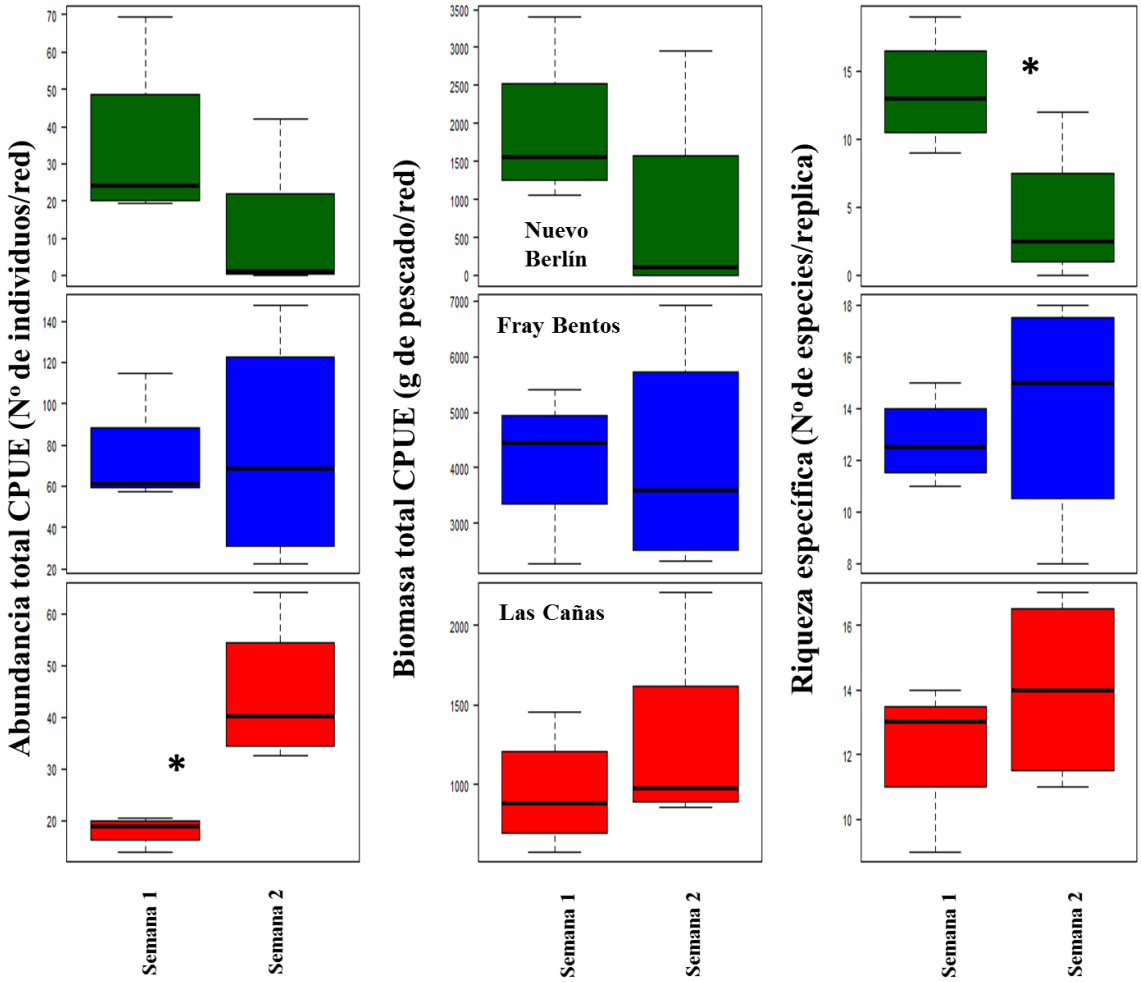

Figura 7. Comparación CPUE (abundancia, biomasas totales y riqueza específica capturada por red) entre las diferentes semanas de muestreo en cada sitio. En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas. Diferencias 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.

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

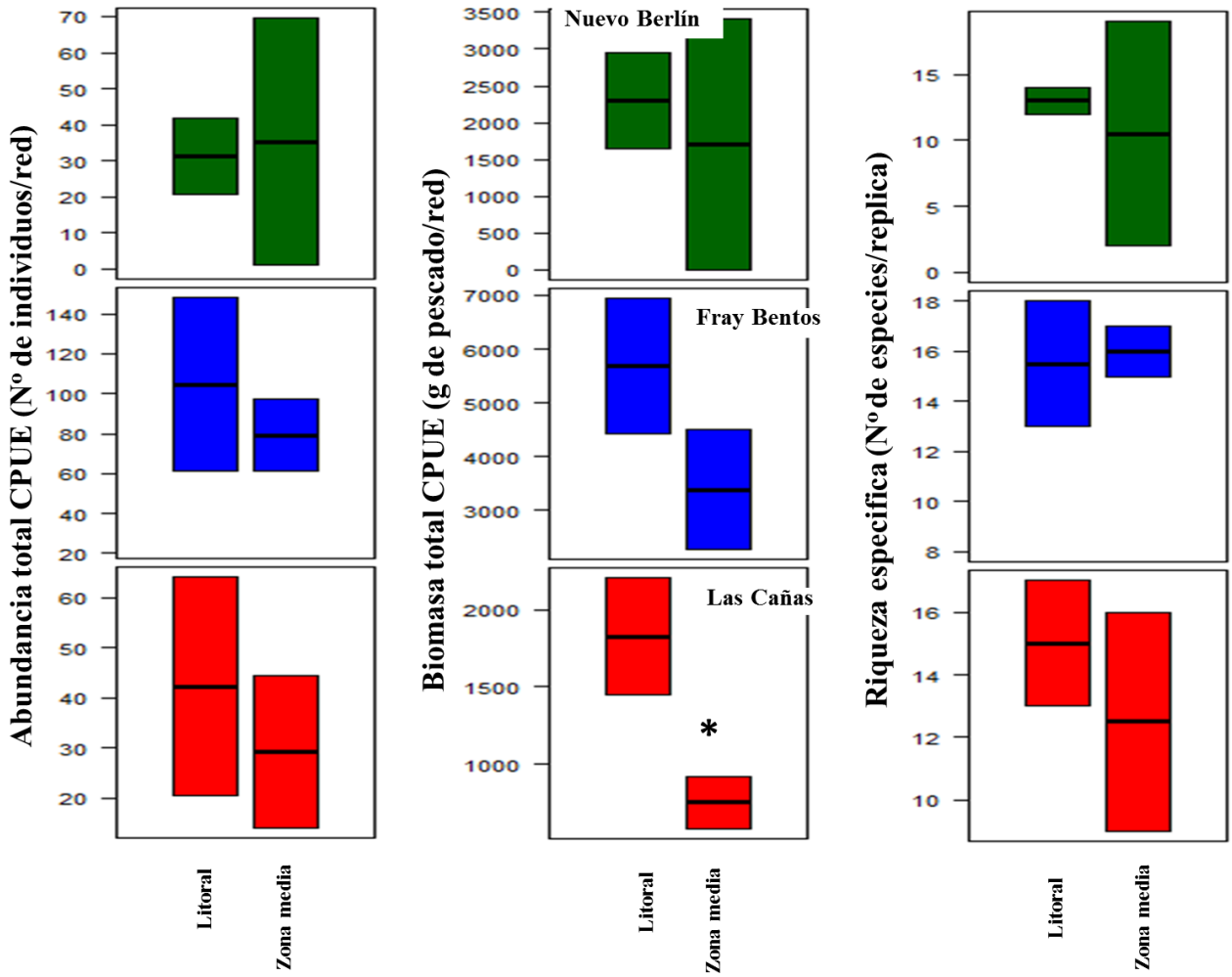

Figura 8. Comparación CPUE (abundancia, biomasas totales y riqueza específica capturada por red) entre los diferentes hábitats muestreados en cada sitio. En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas. Diferencias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

Comparación de capturas entre sitios

A pesar de existir diferencias entre semanas y/o hábitats, en algunos sitios, las capturas de la zona media y litoral fueron agrupadas para ambas fechas de muestreo, con el fin de poder comparar el sitio de referencia con los sitios receptores del efluente. En este caso, se observa que existieron diferencias entre Fray Bentos y las otras dos áreas en términos de abundancia de peces, siendo estos valores mayores en el área receptora de Fray Bentos (ANOVA, F= 7,13; p = 0,04- Test *post hoc* Tukey) (Figura 9, Apéndice 1). Para el caso de la biomasa, también se observaron diferencias entre

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Fray Bentos y las otras estaciones de muestreo, siendo siempre mayor en Fray Bentos (Chi^2=12,86; p = 0,02 – Test *post* hocMann Whitney) (Figura 9, Apéndice 1). Finalmente, al comparar la riqueza de especies, no se encontaron diferencias entre los sitios de muestreo (Figura 9, Apéndice 1).

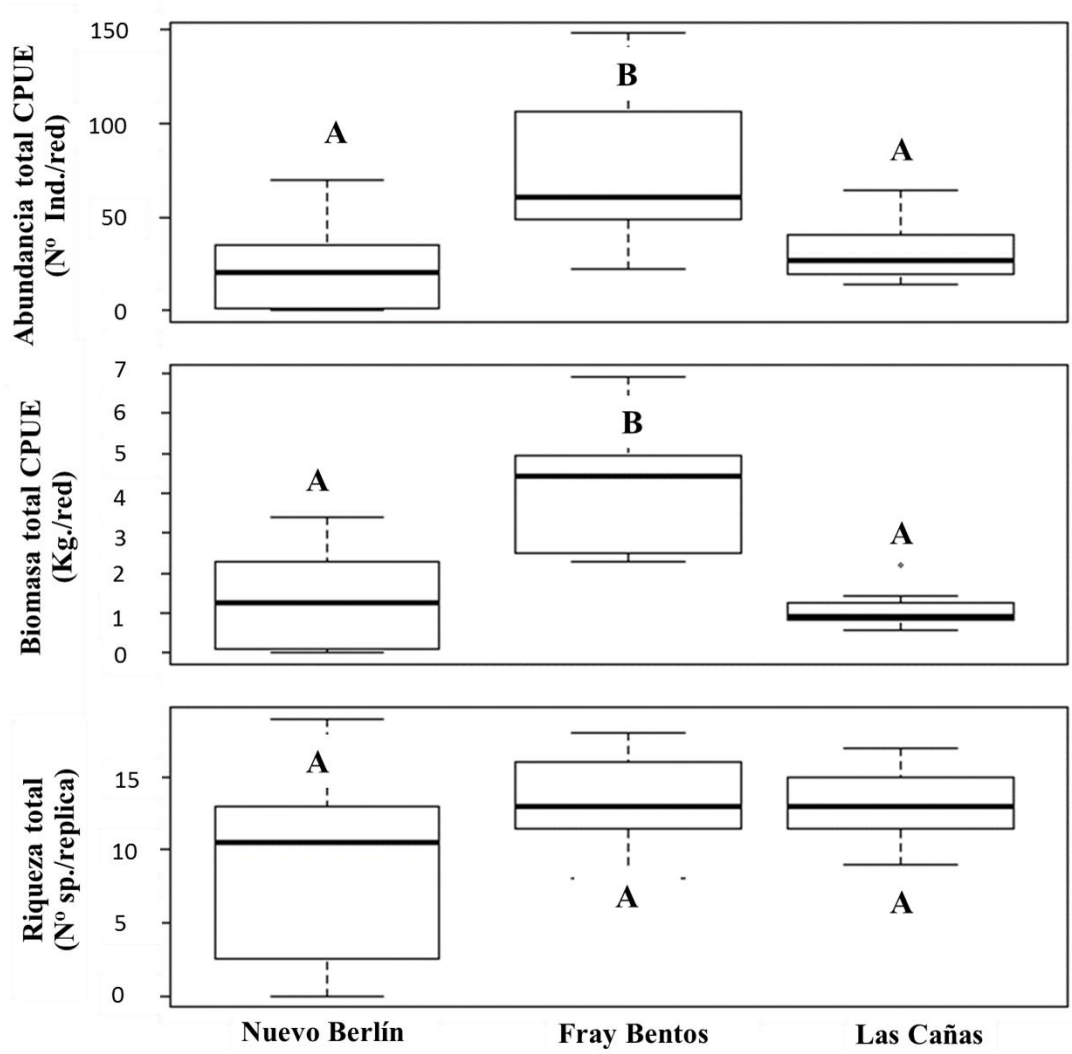

Figura 9. Comparación de capturas de peces por unidad de esfuerzo en términos de abundancia (arriba); biomasa (centro) y riqueza específica (abajo) entre los diferentes sitios muestreados, integrando la variabilidad espacial y temporal del muestreo (n = 8 por sitio). Área referencia: Nuevo Berlín; área receptora inmediata: Fray Bentos; área receptora lejana: Las Cañas. Se observan diferencias significativas en dos de los tres parámetros analizados (abundancia y biomasa). Véase el apéndice 1 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 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.

Para estudiar la condición de la especie modelo se utilizan las hembras mayores a 13 cm de longitud estándar, debido a que se ha constatado que a los 11,5 cm sería la longitud a la que los peces alcanzarían su madurez (de Santana *et al.*, 2016).
No se detectaron diferencias en el factor de condición (FC) de hembras entre ninguna de las tres zonas de estudio (Kruskal-Wallis: $Chi^2 = 2,49$; $p = 0,29$) (Tabla 3; Apéndice 1).

En el caso del IHS (índice hepatosomático), tampoco se encontraron diferencias significativas entre las localidades muestreadas (ANOVA: $F = 0,95$; $p = 0,39$) (Tabla 3; Apéndice 1). Este resultado hace referencia a que el peso de los hígados de los individuos en proporción a su masa corporal no difiere entre sitios. En el muestreo previo desarrollado en abril 2018 tampoco se encontraron diferencias en el IHS entre sitios de muestreo, sin embargo, previamente sí fueron encontradas diferencias, aunque las mismas han variado sin observarse un patrón fijo entre los diferentes muestreos. Por ejemplo, se ha observado que durante el muestreo de noviembre de 2015, diciembre de 2016 y diciembre de 2017, 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) que en Las Cañas (Gonzalez-Bergonozoni *et al.*, 2015a, 2016a; López-Rodríguez *et al.*, 2016a, 2017a,b).
Para el IGS (índice gónado-somático), al igual que en abril de 2018, se encontraron diferencias entre los sitios, siendo este parámetro significativamente mayor en Nuevo Berlín, que en los sitios receptores del efluente (Kruskal-Wallis: $Chi^2 = 19,12$; $p = 7,09 \times 10^{-5}$, Test *Post hoc* Mann Whitney; Tabla 3-Apéndice 1).
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), y desde noviembre a diciembre en localidades ubicadas más al sur (Holzbach *et al.*, 2009; Suzuki *et al.*, 2013). Esto podría explicar por lo tanto, valores de IGS e IHS aparentemente mayores en los muestreos de primavera que de otoño (Tana, 2014; Gonzalez-Bergonzoni *et al.*, 2015b; López-Rodríguez *et al.*, 2016a, 2017a). Por otra parte, se

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

ha evidenciado una correlación positiva entre la temperatura del agua en invierno y el IGS de la primavera siguiente (Vidal *et al.* en revisión), por lo que esperaríamos patrones de IGS mayores en primaveras que hayan tenido un invierno previo con altas temperaturas.

Al comparar la frecuencia de tallas de todos los individuos de *I. labrosus* colectados, observamos una mayor abundancia de las tallas entre 6 y 14 cm., y podemos observar que en este muestreo no se han colectado individuos menores a 6 cm, colectándose también escasos individuos de tallas superiores a 18 cm. (Figura 10).

Por otra parte, al comparar la frecuencia de tallas entre sitios, observamos que no existen diferencias significativas en ninguna de las catergorías de tallas. Excepcionalmente se observa una diferencia marginalmente significativa en las categorías de individuos entre 6 y 8 cm. y entre 14,1-16 cm. En este sentido, para la categoría más pequeña podemos evidenciar una tendencia a mayores abundancias de organismos en Las Cañas que en Fray Bentos, sin encontrarse diferencias entre Nuevo Berlín y los otros dos sitios (ANOVA: $F = 4,2$; $p = 0,05$; diferencias entre sitios Test *post hoc* Tukey) (Fig. 10, Tabla 4). En lo que refiere a la clase de talla de individuos de entre 14,1 y 16 cm, se encontró una tendencia a mayor abundancia de organismos en Nuevo Berlín (K-W: $Chi^2 = 5,24$; $p = 0.07$; diferencias entre sitios Test *post hoc* Mann Whitney) (Fig. 10; Tabla 4).

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

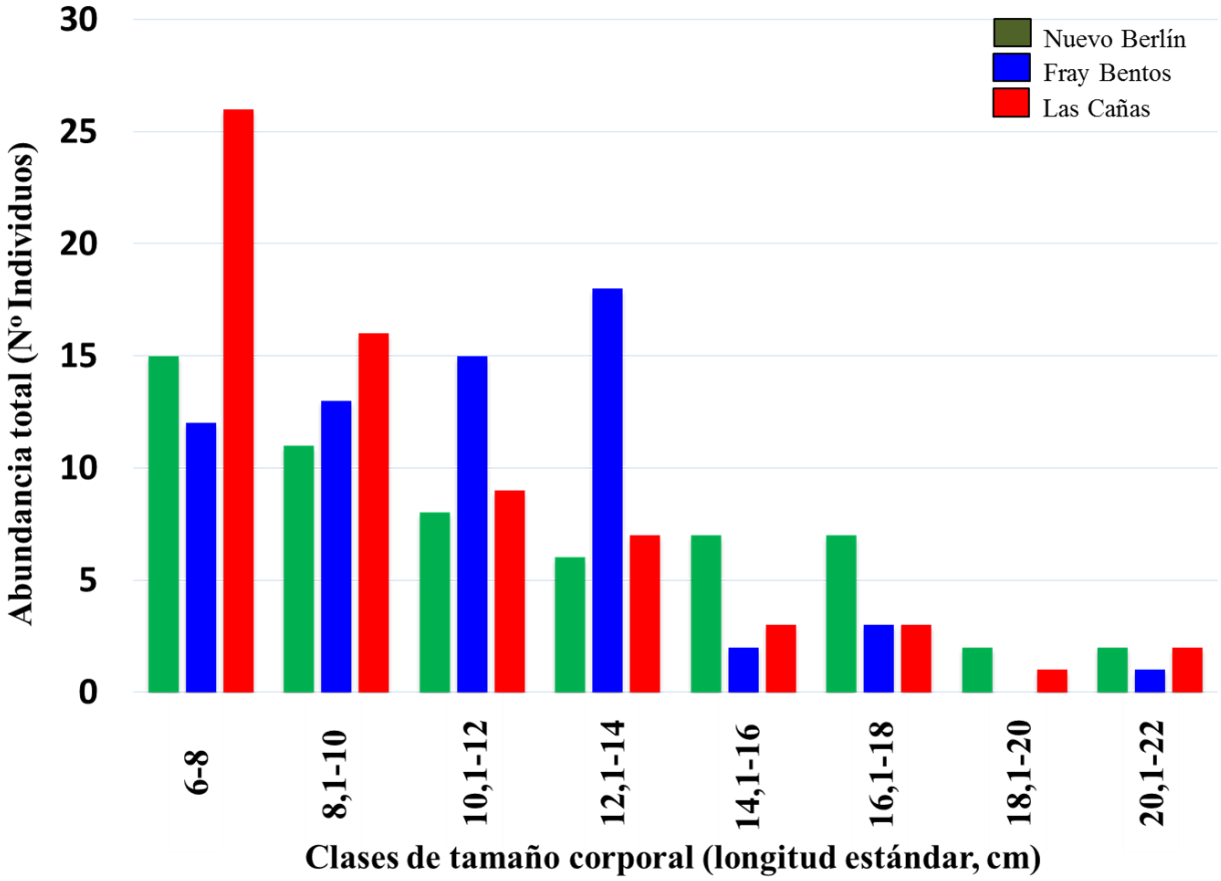

Figura 10. Distribución de abundancia de clases de talla de individuos de *I. labrosus* en las tres zonas de estudio en el período de diciembre de 2018. En verde: área referencia de Nuevo Berlín; en azul: área receptora inmediata de Fray Bentos; en rojo: área receptora lejana en Las Cañas. En ninguno de las clases de tallas se encontraron diferencias entre los sitos de muestreo.

Tabla 3. 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	1,27 ±0,06	1,29 ±0,14	1,31 ±0,05
IHS	0,67 ±0,13	0,63 ± 0,17	0,56 ±0,18
IGS	1,74 ± 0,97*	0,50 ± 0,17	0,73 ± 0,71

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Tabla 4. Valores de tests estadísticos ANOVA y Kruskall Wallis (α = 0,05) realizados para comparar abundancia de individuos en cada clase de tallas de la especie indicadora *I. labrosus* entre los tres sitios de muestreo. Se detalla cada parámetro comparado y se reporta el valor p y el estadístico F o del test realizado. Los resultados que son estadísticamente significativos se encuentran resaltados en negrita y resumidos, los marginalmente significativos se observan en itálica. N.T. = No testeado por falta de individuos.

Parámetro	**Datos analizados**	**Áreas**		**Test estadistico utilizado**	**Resumen de diferencias**
		Estadistico	**p-valor**		
Clases de tallas *I. labrosus* 6<x<8	dic-18	**F=4,2**	**0,05**	ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-Tukey HSD	**Abundancia marginalmente mayor en Las Cañas que en Fray Bentos**
Clases de tallas *I. labrosus* 8.1<x<10	dic-18	F= 1,46	0,29	ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-Tukey HSD	Sin diferencias entre sitios
Clases de tallas *I. labrosus* *10*.1<x<12	dic-18	Chi2= 3,3	0,19	Kruskall Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	Sin diferencias entre sitios
Clases de tallas *I. labrosus* 12.1<x<14	dic-18	F= 2,62	0,14	ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-Tukey HSD	Sin diferencias entre sitios
Clases de tallas *I. labrosus* 14.1<x<16	dic-18	*Chi2=5,24*	*0,07*	Kruskall Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	*Tendencia a mayor en Nuevo Berlín*
Clases de tallas *I. labrosus* 16.1<x<18	dic-18	F= 2.03	0,25	ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-Tukey HSD	Sin diferencias entre sitios
Clases de tallas *I. labrosus* 18.1<x<20	dic-18	N.T	N.T	-	-
Clases de tallas *I. labrosus* 20.1<x<22	dic-18	F= 0,6	0,63	ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-Tukey HSD	Sin diferencias entre sitios

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente monitoreo de la comunidad de peces correspondiente a diciembre de 2018 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 mostró diferencias significativas entre los sitios de estudio, siendo siempre menor en la zona receptora lejana. Por su parte, la abundancia fue mayor en la zona receptora inmediata que en los otros sitios muestreados. Finalmente, la biomasa fue menor en la zona receptora lejana, intermedia en la zona de referencia y máxima en la zona receptora inmediata.

A lo largo de los estudios de línea de base y monitoreos ambientales previos (2005- abril 2018) 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 de 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. Esto puede deberse simplemente a que al haber mayor número de instancias 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 la zona de referencia y en la zona receptora inmediata que en la zona receptora lejana, 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 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 biomasas 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*., 2015, 2016, López-Rodríguez *et al.*, 2017a,b, 2018a).

Las mayores abundancias y biomasas de peces hacia la zona receptora inmediata (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 esta estructura 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 estadíos 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. Uno de los picos inferiores tanto de abundancia como biomasa se observaron en el presente muestreo.

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 mayoria de los muestreos (e.g. frecuencia de ocurrencia pre y post-UPM >80%, Apéndice 3) y presentando leves variaciones en dominancia de una u otra especie en determinados momentos, posiblemente generados por factores ambientales (e.g. caudal) o asociado a patrones migratorios de las diferentes especies (e.g. como se viene observando en general en las especies *Parapimelodus valenciennis* y *Acestrorhynchus pantaneiro*) aunque estas variaciones no esten analizadas estadísticamente al detalle.

El único indicador de condición de la especie centinela seleccionada, *I. labrosus* que mostró diferencias entre los sitios fue el IGS. Por otra parte, suelen encontarse 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). Sin embargo, a

pesar de que este muestreo corresponde al muestreo de primavera no se evidenciaron estas diferencias en estos dos índices.

Durante monitoreos de exposición previos (2005- abril 2018), 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.*, 2018b), 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.

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. Resulta importante resaltar que la información generada en este estudio (entre los años 2005-2014) fue comparada por parte de la DINARA (MGAP) con monitoreos desarrollados por la misma dependencia en el área de influencia de la planta (en el período 2006-2010). En esta comparación se destaca el alto número de especies capturados en estos muestreos (94 especies) en compraración con los de DINARA (30 especies) (Spinetti *et al*., 2017). Esto evidencia que en el presente monitoreo existiría una gran representatividad de la comunidad de peces en esta zona del río Uruguay bajo, además de generar y analizar una gran cantidad de información (Spinetti *et al.*, 2017).

La obtención de nuevos datos posibilitará seguir completando vacío de información y por tanto 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 bi-anual permitirá conocer con mayor fidelidad las fluctuaciones en la riqueza, abundancia y biomasa de peces encontradas a lo largo de los años. Esto permitirá 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.

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.

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.

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.

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.

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

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, 2016. 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.

González-Bergonzoni I., D'Anatro A., Vidal N., Stebniki S., Tesitore G., Silva I., Teixeira-de Mello F., 2019. Origin of biomass in a diverse subtropical river: an allochthonic-supported biomass increase following flood pulses. Ecosystems. *In press.*

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., S. Stebniki, Vidal, N., Teixeira de Mello, F. & A. D'Anatro, 2017b. 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. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay: 50p

López-Rodríguez, A., González-Bergonzoni, I., S. Stebniki, Vidal, N., Teixeira de Mello, F. & A. D'Anatro, 2018a. 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 2018. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay: 50p

López-Rodríguez, A; González-Bergonzoni, I., Stebniki, S., Vidal, N., Teixeira de Mello, F. & A. D'Anatro, 2018b. Monitoreo de exposición: monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A, Abril 2018. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay: 43p.

López-Rodríguez, A; González-Bergonzoni, I., Stebniki, S., Vidal, N., Teixeira de Mello, F. & A. D'Anatro, 2018c. Monitoreo de exposición: monitoreo en la zona receptora de efluentes de la planta de pasta de celulosa UPM S.A, diciembre 2018. UPM S.A, Fray Bentos, Uruguay: *en preparación*.

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

Spinetti, M., Foti, R., Pereira, A., 2017. Análisis de los resultados obtenidos por DINARA (2006-2010) y UPM (2005-2014) en el área de influencia de la planta productora de pasta de celulosa en el río Uruguay. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos- MGAP

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.

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

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.

Vazzoler, A. E. A. de M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, EDUEM. 169p

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

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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 1

Tabla 1. Valores de tests estadísticos ANOVA (α = 0,05) realizados para comparar abundancias biomasas 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, los resultados que son estadísticamente significativos se encuentran resaltados en negrita y resumidos, los resultados marginalmente significativos se observan en cursiva.

Parámetro	Datos analizados	Período		Áreas		Interacción periodo-área			Semanas de muestreo		Habitats muestreados		Test estadistico utilizado	Resumen de diferencias
		Estadistico	p-valor	Estadistico	p-valor	Estadistico	p-valor	g.l res						
Biomasa de peces CPUE	Periodo de estudio (2005-2018)	F=0,34	0,76	**F=69,8**	**2 X10^{-16}**	**F=3,23**	**0,04**	595					ANOVA factorial de 2 vías + Test Post Hoc-Tukey HSD	**Menor en Las Cañas, intermedia en Nuevo Berlín y máxima en Fray Bentos**
Abundancia de Peces CPUE	Periodo de estudio (2005-2018)	F= 0,25	0,62	**F=42,9**	**2 X10^{-16}**	**F=4,34**	**0,01**	595					ANOVA factorial de 2 vías + Test Post Hoc-Tukey HSD	**Siempre mayor en Fray Bentos**
Número de especies CPUE	Periodo de estudio (2005-2018)	**Chi2= 4,28**	**0,04**	**Chi2=58,21**	**1,27 X10-12**								Kruskall Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	**Mayor en el periodo post-UPM y siempre menor en Las Cañas**
Biomasa de peces	dic-18			**Chi2=12,86**	**0,002**								Kruskall Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	**Siempre mayor en Fray Bentos**
Abundancia de peces	dic-18			**F=7,13**	**0,004**								ANOVA de 1 vía/Test Post Hoc-Tukey HSD	**Siempre mayor en Fray Bentos**
Número de especies	dic-18			Chi2=2,57	0,28								Kruskall Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	No hay diferencia entre sitios
Área A--Biomasa de peces	Dic-2018-Nuevo Berlín								F=1,73	0,3	F=1,37	0,4	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre semanas de muestreo o hábitats
Área A--Abundancia de peces	Dic-2018-Nuevo Berlín								F=2,1	0,22	F=0,87	0,49	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre semanas de muestreo o hábitats
Área A--Número de especies	Dic-2018-Nuevo Berlín								**F=10,47**	**0,03**	F=2,21	0,23	ANOVA de 2 vías	**Mayor riqueza de especies en primer semana**
Área B--Biomasa de peces	Dic-2018-Fray Bentos								F= 0,001	0,98	F=1,09	0,42	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre semanas de muestreo o habitats
Área B--Abundancia de Peces	Dic-2018-Fray Bentos								F= 0,008	0,93	F=0,62	0,58	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre semanas de muestreo o habitats
Área B--Numero de especies	Dic-2018-Fray Bentos								F=0,49	0,52	F=3,58	0,13	ANOVA de 2 vías	No hay diferencias entre semanas de muestreo o habitats
Área C--Biomasa de peces	Dic-2018-Las Cañas								F= 3,95	0,1	**F=15,46**	**0,01**	ANOVA de 2 vías	**Mayor biomasa en zona litoral**

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Área C--Abundancia de Peces	Dic-2018-Las Cañas					**F=19,13**	**0,01**	F=2,35	0,2	ANOVA de 2 vías	**Mayor abundancia en la segunda semana de muestreo**
Área C-Numero de especies	Dic-2018-Las Cañas					F=0,78	0,43	F=0,59	0,59	ANOVA de 2 vías	No hay difernecias entre semnas de muestreo o hábitats
FC-Especie indicadora *I. labrosus*	dic-18		Chi2=2,49	0,29						Kruskall Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	No hay diferencias en FC entre sitios
IHS-Especie indicadora *I. labrosus*	dic-18		F=0,95	0,39						ANOVA de 2 vías	No hay diferencias en IHS entre sitios
GSI-Especie indicadora *I. labrosus*	dic-18		**Chi2=19,12**	**7,09X10-5**						Kruskall Wallis + Test Post Hoc Mann Whitney	**Mayor IGS en Nuevo Berlín**

APÉNDICE 2

Tabla 2. 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*	*Leporinus lacustris*	Boga
		Megaleporinus obtusidens	Boga; Bogón
		Leporinus striatus	Trompa roja
		Leporellus pictus	Boga rayada
		Schizodon borelli	Boga lisa
		Schizodon nasutus	Boga
		Schizodon platae	Boga lisa
	Acestrorhynchidae	*Acestrorhynchus pantaneiro*	Dientudo paraguayo
	Characidae	*Astyanax jacuhiensis*	Mojarra
		Astyanax spp	Mojarra
		Brycon orbignyanus	Salmón
		Bryconamericus iheringii	Mojarra
		Bryconamericus stramineus	Mojarra

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

		Charax stenopterus	Mojarra transparente
		Cheirodon interruptus	Mojarra
		Cynopotamus argenteus	Dientudo jorobado
		Galeocharax humeralis	Dientudo jorobado
		Hyphessobrycon meridionalis	Mojarra
		Odontostilbe pequira	Mojarra
		Oligosarcus jenynsi	Dientudo
		Oligosarcus oligolepis	Dientudo
		Pygocentrus nattereri	Piraña Negra
		Raphiodon vulpinus	Chafalote
		Roeboides microlepis	Dientudo jorobado
		Roeboides affinis	Dientudo jorobado
		Salminus brasiliensis	Dorado
		Serrasalmus marginatus	Piraña, Palometa amarilla
		Serrasalmus maculatus	Piraña, Palometa
		Triporteus nematurus	Mojarra

	Crenuchidae	*Characidium rachovii*	Tritolo
		Characidium tenue	Tritolo
		Characidium zebra	Tritolo
	Curimatidae	*Cyphocharax platanus*	Sabalito plateado
		Cyphocharax saladensis	Sabalito
		Cyphocharax spilotus	Sabalito
		Cyphocharax voga	Sabalito
		Steindachnerina brevipinna	Sabalito
	Erithrinidae	*Hoplias malabaricus*	Tararira
	Parodontidae	*Apareiodon affinis*	Virolito, Virolo
	Prochilodontidae	*Prochilodus lineatus*	Sábalo
Siluriformes	*Aspredinidae*	*Bunocephalus coracoideus*	Guitarrita
		Pseudobunocephalus iheringii	Guitarrita
	Auchenipteridae	*Ageineiosus inermis*	Mandubá
		Ageineiosus militaris	Manduví
		Auchenipterus nuchalis	Buzo

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]
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

		Auchenipterus osteomystax	Buzo
		Trachelypterus galeatus	Torito
		Trachelypterus teaguei	Torito
	Callichthydae	*Callichthys callichthys*	Cascarudo
		Hoplosternum litorale	Cascarudo
		Corydoras paleatus	Limpia fondo
	Doradidae	*Pterodoras granulosus*	Armado común
		Rhinodoras dorbignyi	Armado marieta
	Heptapteridae	*Rhamdia quelen*	Bagre sapo/negro
	Loricariidae	*Brochiloricaria chauliodon*	Vieja de agua
		Hisonotus sp.	
		Hypostomus roseopunctatus	Vieja
		Hypostomus commersonii	Vieja de agua
		Hypostomus aspilogaster	Vieja del Vieja
		Hypostomus laplatae	Vieja del agua
		Loricaria sp.	
		Loricariichthys anus	Vieja de agua

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

		Rineloricaria parva	Vieja de agua
		Loricariichthys edentatus	Vieja de agua
		Loricariichtys platymetopon	Vieja de agua
		Loricariichthys melanochelius	Vieja de agua
		Otocinclus flexilis	Limpiavidrios
		Pseudohemiodon sp.	Vieja de agua
		Paraloricaria vetula	Vieja de agua
		Rhinelepis aspera	Vieja de agua
		Ricola macrops	Vieja de agua
		Rinelocaria sp.	Vieja de agua
	Pimelodidae	*Iheringichthys labrosus*	Bagre trompudo
		Luciopimelodus pati	Patí
		Parapimelodus valenciennis	Bagarito
		Pimelodus absconditus	Bagre blanco
		Pimelodella australis	Bagre
		Pimelodella gracilis	Bagre cantor
		Pimelodus maculatus	Bagre amarillo

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

		Pseudoplatystoma coruscans	Surubi
		Sorubim lima	Cucharón
	Pseudopimelodidae	*Pseudopimelodus mangurus*	Manguruyú
		Microglanis sp.	Manguruyú
	Trichomicteridae	*Homodiaetus sp*	Sanguijuela
		Parastegophilis sp.	Chupa-chupa
Perciformes	*Cichlidae*	*Crenicichla minuano*	Cabeza amarga
		Crenicichla misionera	Cabeza amarga
		Crenicichla scottii	Cabeza amarga
		Crenicichla vittata	Cabeza amarga
		Gymnogeophagus australis	Castañeta
	Scianidae	*Pachyurus bonariensis*	Corvina de río
Gymnotiformes	*Sternopygidae*	*Eigenmania trilineata*	Banderita
		Eigenmania virescens	Banderita ratona
	Gymnotidae	*Gymnotus sp.*	Morena
	Hypopomidae	*Brachyhypopomus sp*	Morena
Clupeiformes	*Clupeidae*	*Lycengraulis grossidens*	Anchoa de río

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

		Pellona flavipinnis	Lacha
		Platanichthys platana	Sardina
		Ramnogaster melanostoma	Mandufia
Atheriniformes	*Atherinopsidae*	*Odontesthes argentinensis*	Pejerrey
		Odontesthes humensis	Pejerrey
		Odontesthes perugiae	Pejerrey juncalero
Synbranchiformes	*Synbranchidae*	*Synbranchus marmoratus*	Anquilla
Pleuronectiformes	*Achiridae*	*Catathyridium jenynsi*	Lenguado de río
Rajiformes	*Potamotrigonidae*	*Potamotrygon brachyurus*	Raya de río

APÉNDICE 3.

Tabla 3. Abundancia total colectada y frecuencia de ocurrencia de cada especie colectada durante el período de estudio 2005-2018. 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 el 100% 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.

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		TOTAL	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	O	P	O	P	F.O. (%)	F.O. (%)	F.O. (%)
Astyanax spp.	**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**	**830**	**439**	**143**	**100**	**100**	**100**
Cynopotamus argenteus	**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**	**197**	**233**	**25**	**100**	**100**	**100**
Iheringichthys labrosus	**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**	**590**	**1327**	**512**	**100**	**100**	**100**
Lycengraulis grossidens	**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**	**71**	**273**	**27**	**100**	**100**	**100**
Pachyurus bonariensis	**109**	**215**	**130**	**297**	**379**	**206**	**296**	**257**	**295**	**460**	**55**	**49**	**258**	**78**	**316**	**269**	**193**	**427**	**161**	**100**	**195**	**241**	**162**	**89**	**311**	**85**	**196**	**81**	**100**	**100**	**100**
Paraloricaria vetula	**45**	**35**	**16**	**95**	**104**	**30**	**50**	**55**	**91**	**132**	**27**	**9**	**62**	**20**	**17**	**22**	**35**	**31**	**36**	**17**	**19**	**22**	**86**	**15**	**22**	**4**	**25**	**15**	**100**	**100**	**100**
Parapimelodus valenciennes	**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**	**290**	**212**	**601**	**100**	**100**	**100**
Pimelodus maculatus	**3**	**29**	**4**	**14**	**23**	**23**	**37**	**104**	**30**	**24**	**890**	**86**	**43**	**16**	**14**	**17**	**13**	**5**	**17**	**7**	**7**	**16**	**70**	**40**	**5**	**6**	**9**	**8**	**100**	**100**	**100**
Prochilodus lineatus	**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**	**55**	**57**	**7**	**100**	**100**	**100**

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Apareiodon affinis	161	78	83	121	159	328	391	793	1585		215	33	648	304	297	170	75	70	189	348	361	93	5	87	16	270	120	36	96.4	100.0	95.7
Loricariichthys melanocheilus		10	16	155	216	132	103	136	76	295	77	64	37	86	48	128	29	124	17	63	65	208	80	85	34	83	98	244	96.4	80.0	100.0
Megaleporinus obtusidens	72	35	24	6	31	176	70	61	55		171	370	155	144	87	83	36	40	39	38	59	27	7	330	143	219	82	38	96.4	100.0	95.7
Pimelodella gracilis		13	5	24	112	96	160	251	341	52	653	71	75	107	48	22	140	23	56	44	135	99	68	190	108	163	153	20	96.4	80.0	100.0
Astyanax jacuhiensis	34	51	6	7		48	65	234	18		151	26	10	11	9	12	4	1	13	35	65	13	4	83	8	46	33	2	92.9	80.0	95.7
Luciopimelodus pati	4	3	1	4	8	9	8	6	13	15	41	3	10			5	9	1	2	7	2	5	6	2	1	5	4	2	92.9	100.0	91.3
Hypostomus commersoni		6	7	21	6	1	10	7	5		8	10	3	6	1	3	2	6	9	2		1	2	3	1	1	5	4	89.3	80.0	91.3
Pellona flavipinnis	6	22	3		23		8	16	5	6		2	6	1	7	34	25	10	8	29	21	21	10	1	1	9	13	9	89.3	80.0	91.3
Cyphocharax platanus		17		73	4		91	204	22		125	592	892	573	288	320	82	68	33	39	76	41	67	412	184	182	62	58	85.7	60.0	91.3
Ricola macrops				57		61	29	60	116	278	76	4	62	33	17	19	20	30	3	18	5	28	149	12	47	25	19	16	85.7	20.0	100.0
Acestrorhynchus pantaneiro	30	19	4		8	2	2	3	3		297	1	3	29		4			9	15	137	7	48	130	15	28	20	1	82.1	80.0	82.6
Bryconamericus stramineus				168	84	73	80	318	88	4	48		686	667	216	316	71	28	21	91	24	10		29	2	231	82	53	82.1	40.0	91.3
Loricariichthys edentatus				31	40	56	27	23	23	207	37	6	5	4	2	23	10	23	3	5	1	3		7		6	1	4	82.1	40.0	91.3
Salminus brasiliensis	5	5	3		1	3	4	48	10	3	91	13	16	7	3		4		5	3	10	1		2	2		2	3	82.1	80.0	82.6
Auchenipterus nuchalis	2	15	1	1	1		2	4	21		1		11	1	18	4	4		3	1	36	4	9			21	4	2	78.6	100.0	73.9
Catathyridium jenynsii	4	1	1	2	3	1	5		2	2	1		1	1	1	2		2		1	1	1	2		1	2	2		78.6	100.0	73.9
Serrasalmus maculatus	4	2		1	8	1	1	4	1		139	56	20	13	3	6	1				18	1	4	34	1	20	8		78.6	80.0	78.3
Ageneiosus militaris		4		1	2	5		3	1		22	3	2				1	5	4	13	2	15	46	5	20	3	5	3	75.0	60.0	78.3
Eigenmannia virescens	1	4		2	4	2	2	3	2	1	2			9	1	9		3		5	2	4	2	7	1	1			75.0	80.0	73.9

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Leporinus striatus				3	62	12	2	15	28	1	76	4	2	4	7		11	8	3	5	41	10	2	8		3			75.0	40.0	82.6
Odontostilbe pequira						100	11	20		2	6	62	16	209		113	4	109	9	195	167	157	1	264	2	190	3	38	75.0	0.0	91.3
Oligosarcus jenynsii	23	9		3	9	23	19	165	44	5	12		27	8				10		1	12	19	1		8	5	12		71.4	80.0	69.6
Cyphocharax spilotus				5	3	44	14	4	10		10	80	35	1		1		1		9	1	32	13	39		2	4		67.9	40.0	73.9
Rhaphiodon vulpinus	4	1	1		19	1	9		19		43		20		15		13		17	1	19		11	3	3	3	12		67.9	80.0	65.2
Steindachnerina brevipinna		106	50	13	4		1	1			13	2					1		1	5	21	14	10	44	3	4	19	5	67.9	80.0	65.2
Hoplias malabaricus	1		3		1	2	1		1		10	3	3	2	2				3		2		2		3	2	7	2	64.3	60.0	65.2
Odontesthes humensis		1						20	24		4	2	3	59	35	26	2		1	1		2		5	1	1	1	5	64.3	20.0	73.9
Loricariichthys anus		51						1	1	3		1		2	1	3		5	3	4		3		2	2	2	3	5	60.7	20.0	69.6
Rhinodoras dorbignyi			3	29	6	11	4		13	15	1	1	1								2	7	49	10	1	1		1	60.7	60.0	60.9
Crenicichla missionera				3	6	8	12	23	14			2	2	12	10	10			2	1	4					2	2		57.1	40.0	60.9
Oligosarcus oligolepis												3	2		7	66	37	17	15	21		4	9	15	1	4	2	7	53.6	0.0	65.2
Crenicichla vittata				1			1	3	2	1			1	1	1				1		2		1			2	1		46.4	20.0	52.2
Odontesthes perugiae								20	56	2		2	3	18	31	13			6		7			4		6	1		46.4	0.0	56.5
Pygocentrus nattereri		5		1	3	1		5			1						2					1	7	1		5	1	2	46.4	60.0	43.5
Rineloricaria parva	35					5		1	2	3	1					1					1	2	1	16		3			42.9	20.0	47.8
Crenicichla minuano			14				3	17	4			2	1		5	12		4		1						4	1		42.9	20.0	47.8
Homodiaetus sp.					21		18	3	3	2			1					6	6	4	3			1	2				42.9	20.0	47.8
Hypostomus aspilogaster					2	1	1	2	2	3	1	1		3							1	1	3						42.9	20.0	47.8

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Pimelodus absconditus						10				1	1							17	16	8	9	32	6	39	42	3	42.9	0.0	52.2
Schizodon nasutus		29	3	7		1		1			1			1			1	1	8			6					39.3	60.0	34.8
Trachelyopterus galeatus		1		1	2						33	1	4						4		5	1		1	3		39.3	60.0	34.8
Brycon orbignyanus	8	1			3	1	1				13	2		1							19	2					35.7	60.0	30.4
Platanichthys platana							1						55	90	11	23		3		1				1		50	17	35.7	0.0	43.5
Potamotrygon brachyura						1		2		1		1		1		2		1	1				1		1			35.7	0.0	43.5
Schizodon platae											9	1		2	1					3		1	8	1	1	3		35.7	0.0	43.5
Ageneiosus inermis	12											1				1		3				8	18	3	1		1	32.1	20.0	34.8
Cyphocharax voga	50								1	1						1	1	7	17			2					2	32.1	20.0	34.8
Galeocharax humeralis																				15	56	4	63	16	44	8	164	1	32.1	0.0	39.1
Ramnogaster melanostoma					21	20	1	4					66	3		176								1				56	32.1	20.0	34.8
Bryconamericus iheringii				38										6	26	31	1	51	1			1						28.6	20.0	30.4
Rhamdia quelen	1	1	4				3	2					1										1					25.0	60.0	17.4
Pimelodella australis																		47		3	5	9	1			6		21.4	0.0	26.1
Schizodon borelli		3											4	3	5	1					1							21.4	20.0	21.7
Otocinclus sp.												1										1	3	2		5	1	21.4	0.0	26.1
Bunocephalus sp.				1		1						1			3							1		1				21.4	20.0	21.7
Hypostomus roseopunctatus		6		6	1							1				1									1			21.4	60.0	13.0
Auchenipterus osteomystax																			1	1			4		10	2		17.9	0.0	21.7

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Brochiloricaria chauliodon			2	30														1	1			2				17.9	20.0	17.4
Characidium zebra								1				1	17		2				15							17.9	0.0	21.7
Odontesthes bonariensis			1	7	198	2				5																17.9	20.0	17.4
Loricaria sp.				6			1				1								1							14.3	0.0	17.4
Parastegophilus																		9	1		21	2				14.3	0.0	17.4
Pseudoplatystoma coruscans								15	5	1	2															14.3	0.0	17.4
Roeboides microlepis												1						1	4		1					14.3	0.0	17.4
Trachelyopterus teaguei														3						4	1			2		14.3	0.0	17.4
Hypostomus laplatae					1																	1	2	2		14.3	0.0	17.4
Pseudohemiodon sp.		3	1																		1					10.7	40.0	4.3
Characidium tenue															7				5					2		10.7	0.0	13.0
Cheirodon interruptus		16				1																			5	10.7	20.0	8.7
Gymnogeophagus australis					2	13	8																			10.7	0.0	13.0
Hoplosternum littorale															1				1	7						10.7	0.0	13.0
Pterodoras granulosus	2							20	1																	10.7	20.0	8.7
Sorubim lima						1		16										1								10.7	0.0	13.0
Characidium rachovii															1										1	7.1	0.0	8.7
Charax stenopterus												1			1											7.1	0.0	8.7
Crenichla scotti											1			1												7.1	0.0	8.7

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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

Gymnotus sp.		1				1										7.1	20.0	4.3
Hyphessobrycon meridionalis			1											2		7.1	0.0	8.7
Hypostomus uruguayensis				1										1		7.1	0.0	8.7
Microglanis sp.												1	1			7.1	0.0	8.7
Pseudobunocephalus iheringii									1	2						7.1	0.0	8.7
Pseudopimelodus mangurus					1								1			7.1	0.0	8.7
Rhinelepis aspera						1									1	7.1	0.0	8.7
Brachyhypopomus sp.									*1*							*3.6*	*0.0*	*4.3*
Callichthys callichthys						*6*										*3.6*	*0.0*	*4.3*
Charax stenopterus														*1*		*3.6*	*0.0*	*4.3*
Corydoras paleatus													*2*			*3.6*	*0.0*	*4.3*
Crenicichla lepidota	*3*															*3.6*	*20.0*	*0.0*
Cyphocharax saladensis								*1*								*3.6*	*0.0*	*4.3*
Eigenmannia trilineata											*4*					*3.6*	*0.0*	*4.3*
Hisonotus sp.						*11*										*3.6*	*0.0*	*4.3*
Hypostomus microstomus								*1*								*3.6*	*0.0*	*4.3*
Leporellus pictus											*1*					*3.6*	*0.0*	*4.3*
Leporinus lacustris							*2*									*3.6*	*0.0*	*4.3*
Loricariichthys platymetopon													*1*			*3.6*	*0.0*	*4.3*

Odontesthes argentinensis						3	3.6	0.0	4.3
Odontostilbe pequira					1		3.6	0.0	4.3
Roeboides affinis				9			3.6	0.0	4.3
Synbrabchus marmoratus	1						3.6	0.0	4.3
Triporteus nematurus		2					3.6	0.0	4.3

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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 4.

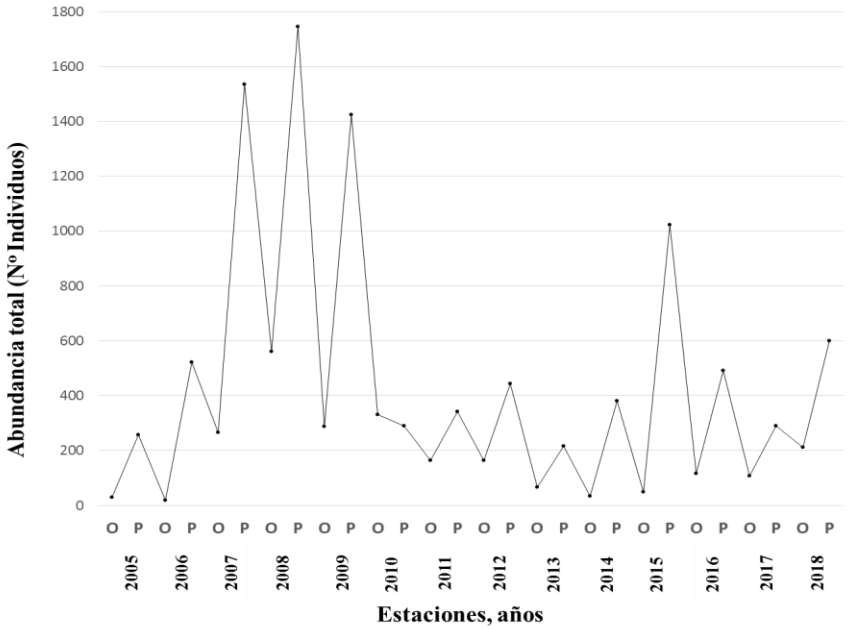

Figura 1. Variaciones estacionales de la abundancia de *P. Valenciennes* durante todo el programa de monitoreo (2005-diciembre 2018). Se puede observar comportamiento oscilatorio con disminuciones en otoño y aumento en primavera. O= Otoño; P= Primavera.

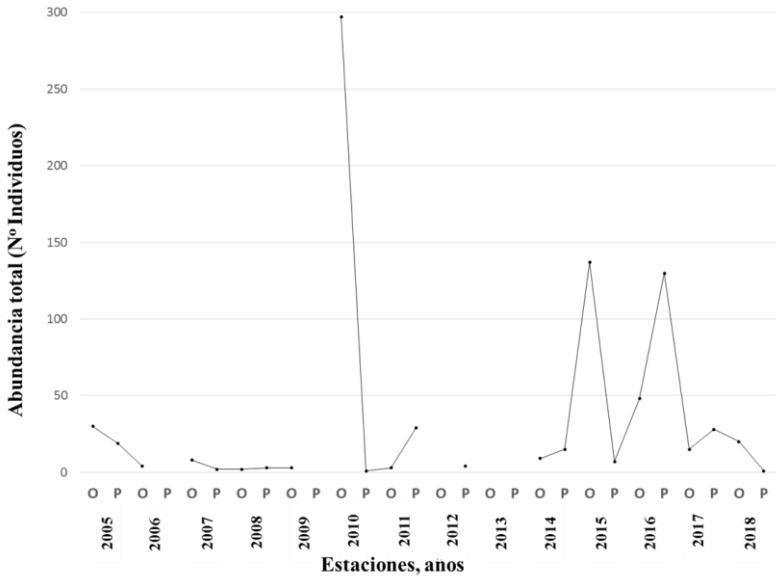

Figura 2. Variaciones estacionales de la abundancia de *A. pantaneiro* durante todo el programa de monitoreo (2005-diciembre 2018). Las estaciones que no presentan punto corresponden a muestreos en los que no se caoturaron individuos de esta especie. O= Otoño; P= Primavera.

Anahí López-Rodríguez [2], Ivan González-Bergonzoni[1], Samanta Stebniki[1], Nicolás Vidal[1], Franco Teixeira de Mello[2] y Alejandro D'Anatro[1*]

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