Informe sobre caracterización biológica en el tramo inferior del Río Uruguay, febrero - noviembre 2017

Solicitante:	UPM S.A
Dirección:	RUTA PUENTE PUERTO KM 307
Descripción de la muestra:	Informe Anual Biológico 2017
Identificación de las solicitudes incluidas:	1605689 - Muestreo Verano 1624373 - Muestreo Otoño 1638918 - Muestreo Invierno 1659977 - Muestreo Primavera
Procedencia de la muestra:	Muestreo realizado por técnicos LATU

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Índice

1. RESUMEN 3

1.1 Abstract 4

2. INTRODUCCIÓN 5

2.1 Objetivo general 5

3. METODOLOGÍA 6

3.1 Área de estudio 6

3.2 Muestreos 6

3.3 Análisis de laboratorio 7

3.4 Análisis de datos 9

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 11

4.1 Análisis físico-químicos: AGUAS 11

4.2 Análisis físico-químicos: SEDIMENTOS..... 20

Ensayos de toxicidad en sedimento..... 32

Contaminantes en sedimento 32

4.3 Bioacumulación EOX bivalvos 36

4.4 Análisis biológicos: FITOPLANCTON 37

4.5 Análisis biológicos: ZOOPLANCTON 46

4.6 Análisis biológicos: MACROZOOBENTOS 57

5. CONCLUSIONES 71

6. BIBLIOGRAFÍA 72

7. ANEXOS: Biomasa anual **78**

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY

Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*

Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO

Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

1. RESUMEN

Se presentan los resultados del monitoreo biológico estacional de fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos, junto a los parámetros abióticos en la zona inferior del Río Uruguay en el año 2017. Además de los resultados del presente año de estudio se realiza una descripción de lo observado desde el año 2006 y se analizan los posibles cambios de los parámetros físico-químicos y de los atributos de las comunidades biológicas antes y después de la puesta en funcionamiento de la Planta de Celulosa. El diseño de muestreo continuó siendo de tres transectas perpendiculares a la línea de costa en Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas, obteniéndose muestras de agua y plancton sólo en las transectas centrales, y las de bentos, nutrientes y granulometría de sedimentos en todos los puntos. Para los estudios de ecotoxicidad (*Daphnia magna*) y contaminantes (cromo, mercurio, EOX, PAHs, PCBs, dioxinas y furanos) en sedimentos se obtuvieron muestras compuestas de los puntos litorales de cada sitio. Durante el año 2017 se destaca el aumento del caudal, superando los 50000 m^3/s en el otoño. El valor máximo de nitrógeno total en agua fue 1,6 mg l^{-1}, el de fósforo total 226 µg/l y el de fósforo soluble 1634,6 µg/l. Al igual que los informes anteriores, se observó que los parámetros físico químicos en agua oscilan de forma similar en los tres sitios, en general los niveles de fósforo superan los 25 µg/l ya desde el comienzo de estudios de línea de base. En 2017 los sedimentos, las concentraciones máximas de fósforo total fueron de 160 mgP/kg b.s., 2968 mgN/kg b.s. de nitrógeno total ambos en primavera mientras que el máximo de materia orgánica 7.1% fue en otoño. Se observaron tendencias similares a lo largo del tiempo, en Fray Bentos no se encontraron diferencias entre antes y después de puesta en funcionamiento la planta, a nivel de nutrientes y materia orgánica de los sedimentos. Los niveles de los contaminantes analizados se mantuvieron por debajo de los ISQGs y PEL de la Guía Canadiense de Calidad de sedimentos, y el mercurio, EOX y PCBs por debajo de sus límites de cuantificación o detección. Al igual que en los ciclos anteriores, los parámetros de calidad del agua y de las comunidades planctónicas, no presentaron diferencias espaciales significativas entre los sitios ni zonas de muestreo, pero se encontraron diferencias temporales significativas entre los muestreos. Las comunidades de fitoplancton y zooplancton presentaron un comportamiento estacional típico de la región con densidades mayores en meses más cálidos y menores en los meses fríos. En este último año, 2017, se destaca el aumento de la densidad de cianobacterias típico del verano y un aumento de la biomasa del grupo “otros” por la presencia de varias especies de dinoflagelados y euglenoideos. En la comunidad de zooplancton predominaron los taxa de rotíferos y las larvas de bivalvos en abundancia y biomasa, destacándose un aumento en noviembre. Se observaron 20 taxa de macroinvertebrados bentónicos, siendo los insectos y moluscos los que presentaron un mayor número de familias en las tres zonas de estudio. *Limnoperna fortunei* continúa siendo el organismo más abundante en área de estudio desde el inicio del monitoreo. No se observaron diferencia significativa entre antes y después de puesta en funcionamiento la planta en las comunidades biológicas estudiadas.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

1.1 Abstract

The results of seasonal biological monitoring of phytoplankton, zooplankton and macrozoobenthos are presented, along with the abiotic parameters in the bottom of the Uruguay River in 2017. In addition to the results of this study year a description of the observed since it is done 2006 and possible changes of the physico-chemical parameters and attributes of biological communities are analyzed before and after the operation of the pulp mill. The sampling design remained three transects perpendicular to the coastline in Nuevo Berlín, Fray Bentos and Las Cañas, obtaining water samples and plankton only in the central transects, and benthos, nutrients and sediment granulometry in all points. For ecotoxicity studies (*Daphnia magna*) and contaminants (chromium, mercury, EOX, PAHs, PCBs, dioxins and furans) in sediments, composite samples of coastal points of each site were obtained. During the year 2017 the increase in flow is highlighted, exceeding 50000 m^3/s in the fall. The maximum value of total nitrogen in water was 1,6 mg l^{-1}, total phosphorus 226 µg l^{-1} and soluble phosphorus 1634.6 µg.l^{-1}. Like the previous reports, physical and chemical parameters in water have similar fluctuation in the three sites; generally, phosphorus levels exceed 25 µg.l^{-1} since the beginning of baseline studies. In the sediments, the maximum concentrations of total phosphorus were 160 mgP / kg b.s., 2968 mgN / kg b.s. of total nitrogen both in spring while the maximum organic matter 7.1% was in autumn. The levels of contaminants analyzed were below the ISQGs, Canadian Sediment Quality Guidelines and other pollutants below the limits of quantification or detection. The parameters of water quality and planktonic communities, no significant spatial differences between sampling sites or areas, but significant temporary differences between the samples were found. The communities of phytoplankton and zooplankton showed a typical seasonal behavior in the region with higher densities in warmer months and lower in the cold months. In this last year, 2017, the increase in the density of cyanobacteria typical of summer and an increase in the biomass of the group "others" due to the presence of several species of dinoflagellates and euglenoids stand out. In the zooplankton community, Rotifers and bivalve larvae in abundance and biomass predominated, with an increase in November. 20 taxa of benthic macroinvertebrates were observed which insects and molluscs presented the highest number of families in the three zones of study. *Limnoperna fortunei* continues to be the most abundant organism in the study area since the beginning of monitoring. No significant differences between before and after Pulp Mill Plant activities were presented in the biological communities analyzed.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

2. INTRODUCCION

En el presente informe fue analizada la composición, abundancia e índices de las comunidades biológicas estudiadas para poder determinar la variabilidad temporal y espacial de las principales variables abióticas y bióticas en la zona comprendida entre Nuevo Berlín y Las Cañas (Río Uruguay) durante el período febrero 2017 - noviembre 2017, y su comparación a lo largo de los nueve años de estudio (desde agosto 2006) antes y después de la puesta en funcionamiento de la Planta de Celulosa.

El análisis de datos se realiza con un diseño de estudios de línea de base (antes) y monitoreo (después) de forma estacional y continua desde el año 2006 en tres sitios, asentado en la estrategia de evaluación en áreas impactadas y control, antes y después de que ocurre un disturbio (Stewart-Oaten *et al.* 1986). Este diseño permite tener un abordaje a través de análisis univariados y multivariados de las variable bióticas y abióticas representativas de la variabilidad espacio-temporal del área estudiada. La imposibilidad de tener áreas controles eficaces o confiables dificulta evaluar las hipótesis planteadas en estos diseños BACIP (before-after/control-impact), Underwood 1994. A pesar de ello, las aplicaciones de esta metodología fueron muy amplias alrededor del mundo, en nuestro país se aplica en este monitoreo biológico en el bajo Río Uruguay.

La importancia del monitoreo biológico radica en que la estructura comunitaria y las variaciones de sus descriptores, reflejan las condiciones ambientales durante un período de tiempo y son indicadores de la calidad de las aguas y sedimento en los ecosistemas, permitiendo detectar tendencias, problemas, disturbios y así evaluar el progreso de un ecosistema (Borjas y Dauer 2008, USEPA 1996).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

3. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

El área de estudio está ubicada en el tramo inferior del Río Uruguay, donde se obtuvieron muestras en tres sitios del Río Uruguay en el departamento de Río Negro: **Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC).** En cada sitio se establecieron tres transectas perpendiculares a la línea de costa, entre la orilla uruguaya y el canal, con tres puntos cada una (Figura 3.1).

3.2 Muestreos

En el presente informe se presentan los resultados del periodo de estudio comprendido entre febrero y noviembre 2017 y se analizan las variaciones desde el año 2006. En el período de estudio se realizaron cuatro muestreos estacionales: 14, 15 y 16 de febrero; 13, 14 y 15 de junio, 14, 15 y 16 de agosto; 22, 23 y 24 de noviembre del año 2017.

Se tomaron medidas superficiales *in situ* (temperatura del agua, turbiedad, conductividad, pH y oxígeno disuelto) con sonda multiparámetro YSI 6600 V2 la cual lleva incluye el Licor para las medidas de Irradiancia para las medidas de penetración de la luz en el agua (PAR). Además, se estimó la transparencia del agua mediante disco de Secchi.

Las muestras de agua (químicas y de plancton) se obtuvieron en los tres puntos de las transectas centrales de cada zona y las de sedimentos (físico-químicas y zoobentos) se obtuvieron en todos los puntos de las tres transectas. Las muestras de agua para análisis físico-químicos fueron obtenidas directamente desde la superficie del agua (NORMA ISO 5667-3) mientras que las de plancton se obtuvieron con botella muestreadora tipo Van Dorn en sucesivas extracciones desde la superficie hasta 2 metros de profundidad (total 40 litros). Dicho volumen de agua se homogeneizó, y luego se separaron 125 ml para análisis de fitoplancton, en tanto el resto se filtró con red de 63 µm para análisis de zooplancton. Las muestras fueron fijadas *in situ* con lugol (0,5 ml, fitoplancton) y con formalina (10/100 ml de muestra, zooplancton).

Las muestras de sedimento se obtuvieron con draga tipo Petite Ponar de 0,0232 m^2 de área. Las muestras para análisis físico-químicos fueron colocadas directamente en recipientes y conservadas en frío, mientras que las de zoobentos (tres réplicas integradas en cada punto) fueron tamizadas por un tamiz de 500 µm de abertura y se fijaron con alcohol al 70 %. Para las muestras de sedimento para análisis de dioxinas, furanos, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs o PAHs), metales, PCBs y bioensayo (*Daphnia magna)* se hicieron muestras integradas entre los puntos litorales de cada zona y se conservaron en frío.

En los muestreos del año 2017 no se pudieron obtener organismos de bivalvos en ningún punto debido a las condiciones hidrológicas del río. De la misma forma durante el mes de mayo de 2017, solamente se pudieron tomar muestras de los sitios litorales de sedimentos y macroinvertebrados. Tampoco se pudo registrar con el Licor la penetración de la luz (PAR). Tampoco pudo ser analizada la muestra de zooplancton correspondiente a FB 2.1 noviembre.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

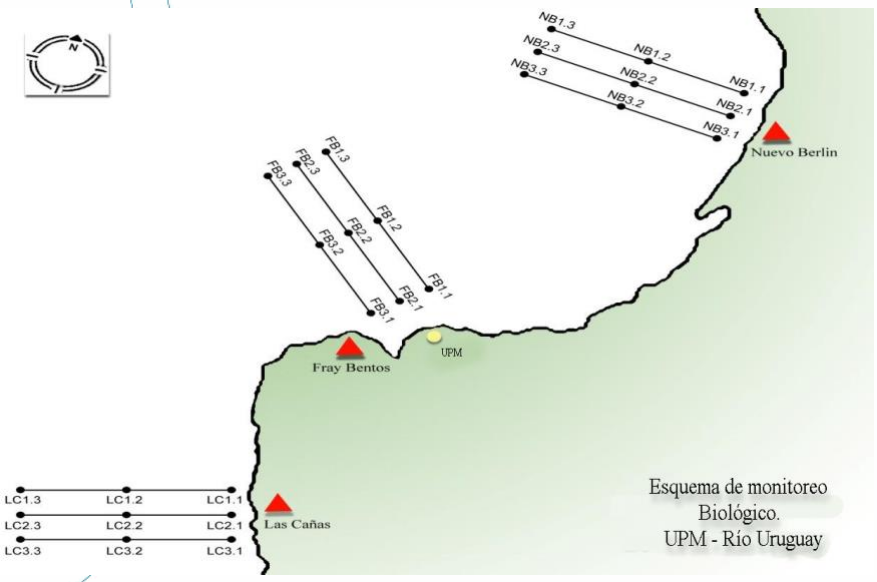

Figura 3.1. Esquema de la disposición de las transectas y puntos de muestreo en las zonas de Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas.

3.3 Análisis de laboratorio

3.3.1 Análisis físico-químicos

Los análisis físico-químicos de agua se realizaron según las normas correspondientes: Nitratos, Nitritos (ISO 13395-1996 y QuikChem Method 10-107-04-1- A), Amonio (ISO 6778:1984), Nitrógeno total (ISO 11905-2), Fósforo soluble (ISO 6878:2004), Fósforo total: PEC.PQAFB.013 basado en ISO 15681-2-2009, APHA 4500P-1999 y QuikChem Method 31-115-01-3-D, Clorofila *a* (ISO 10260: 1992).

En sedimentos se determinó la concentración de fósforo total (AOAC y QuikChem Method 31-115-01-3-D), nitrógeno total por Kjeldahl (Bremner & Mulvaney 1982), materia orgánica (Burt 2004) y granulometría según la clasificación de porciones del Sistema USDA (U.S. EPA. 1995). Los análisis de Dioxinas y Furanos fueron subcontratados a Pacific Rim Laboratories (Canadá) quienes utilizaron el método de referencia: SOP LAB01; EPA Method 1613b. Los análisis de metales en sedimento se analizaron según norma ASTM D3976-92 (2005) e ISO 12846:2012, con digestión de la muestra según método EPA 3051 A. La determinación del cromo fue por Espectrometría de Absorción Atómica según norma ISO 15586 adaptada y la de mercurio según norma ISO 5666 adaptada. Los PCBs o bifenilos policlorados en sedimento se determinaron con Cromatografía Gaseosa-Espectrometría de Masa. Los análisis de Haluros Orgánicos Extraíbles (EOX) fueron analizados según la norma EPA 9023:1996 (Extractable organic halides (EOX) in solids) y los análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs o PAHs) se subcontratataron a Pacific Rim Laboratories (Canadá) donde se determinaron según el método de referencia: SOP LAB03; EPA 8270 modificada.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

3.3.2 Análisis toxicidad

Se realizaron ensayos de toxicidad aguda en sedimentos con la especie *Daphnia magna* (Crustacea) con las cuales se determinó la concentración letal 50% (LC50, 48 h, 95 % de confianza) con punto final letalidad, en base a la norma de referencia EPA 823-B-98-004.

3.3.3 Análisis biológicos

Fitoplancton

La identificación taxonómica se realizó con microscopio óptico invertido Olympus CKX41 con una magnificación de 1000X. Los recuentos se realizaron en el mismo siguiendo la metodología Utermhöl (1958). Se usaron cámaras de sedimentación de 10 y 25 ml de acuerdo a la concentración de organismos y el recuento fue realizado mediante una transecta diagonal para organismos pequeños, y media o toda la cámara para las de mayor tamaño (Sournia, 1978). Se contaron como mínimo 100 células de las especies más abundantes de modo que el intervalo de confianza fuese del 95 %, con un error de recuento inferior al 20 % (Lund et al. 1958). Se estimó el biovolumen con el promedio de las medidas celulares (largo, ancho, espesor) tomada para cada una de las taxa (n = 5-30) en base a la aproximación de su forma geométrica según Edler (1979) y Hillebrand et al. (1999). El biovolumen calculado fue corregido a biomasa como carbono celular (ng C cel-1), usando las ecuaciones de Menden-Deuer & Lessard (2000), que al multiplicarlo por la densidad se calcula la biomasa de carbono en ng C/ml que sería µgC/L.

Zooplancton

Las muestras se analizaron en cámara de Bogorov bajo microscopio invertido Arcano (100-1000X) y los organismos de menor tamaño se contaron e identificaron en cámaras de Sedgewick-Rafter. Se contaron las muestras completas y los organismos fueron determinados con claves taxonómicas regionales a nivel específico, discriminándose en el caso de los copépodos los siguientes estadios: nauplios, copepoditos (calanoideos y cyclopoideos) y adultos. El cálculo de la biomasa se hizo por transformación de las tallas medidas a peso seco, en base a las fórmulas de Dumont et al. (1975) y Botrell et al. (1976) para los crustáceos y las fórmulas volumétricas de Ruttner-Kolisko (1977) para los rotíferos. Para las larvas de moluscos se utilizó la fórmula planteada por Hillbricht-Ilkowska (1969) para larvas de Dreissena polymorpha. Las medidas se hicieron directamente en el microscopio con micrómetro ocular.

Zoobentos

Los organismos fueron identificados y cuantificados bajo lupa esteroscópica Arcano y Olympus, hasta el nivel taxonómico de familia mediante el uso de claves (Brinkhurst & Marchese, 1989; Merrits & Cummins, 1984; Lopretto & Tell 1995), con la única excepción del grupo Nematoda que fue identificado a nivel de phylum.

Para estimar la biomasa media por metro cuadrado se consideró el peso seco individual (peso seco constante en estufa a 60 ºC), medido en balanzas analíticas. El método se aplicó a todos los taxa, con excepción de los insectos, para los cuales se empleó la ecuación de $W = aX^b$, ($\ln W = \ln a + b \ln L$), donde W es el peso de

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

cada individuo (mg), a y b son constantes establecidas según el orden de los insectos y X es el largo de cada individuo (mm) (Smock, 1980).

3.4 Análisis de datos

Se presentan los perfiles de la penetración de la radiación fotosintética activa (PAR) en profundidad según las zonas: litoral, central y canal de cada sitio. El coeficiente de extinción de la luz fue calculado mediante la fórmula Kd= LN (I_0) – LN (I_z) / Z, y la zona eufótica se calculó mediante la fórmula LN (I_0) - LN(Ic) / Kd (donde Ic, es la irradiancia en el punto de compensación). Estos parámetros varían en ambientes naturales y es característico del sitio de muestreo; el Kd varía de 0.1m^{-1} en aguas muy claras a 4.0 m^{-1} en sistemas muy turbios. Al 1% de la irradiancia en superficie es encuentra la profundidad de compensación y por encima de ella se localiza la capa eufótica (donde la fotosíntesis es posible) y por debajo la capa afótica (Lalli & Parsons, 2006).

Se utilizó la matriz ambiental de agua (variables físico-químicas: nitrógeno total, nitrato, nitrito, amonio, fósforo soluble, clorofila, disco de Secchi, temperatura, conductividad, pH, oxígenos disuelto, turbiedad y caudal) para analizar diferencias temporales (entre meses) y espaciales (entre sitios y zonas) mediante el análisis de similitud ANOSIM, los datos fueron normalizados y se construyó la matriz de similitud con la distancia Euclideana. Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) con las variables de agua (nitrógeno total fósforo soluble y fósforo total) y con sedimento (nitrógeno total, fósforo total, materia orgánica y limo).

Para los datos biológicos se calculó la densidad de individuos por unidad de volumen o superficie: fitoplancton células por ml (cel ml^{-1}), zooplancton organismos por litro (org l^{-1}) y zoobentos ind m^{-2}. Se calculó la diversidad de Shannon & Winer (Shannon-Weaver, 1949), Equitatividad (Pielou, 1977) mediante la rutina DIVERSE del programa estadístico PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006). Para fitoplancton se calculó la riqueza taxonómica (Margalef, 1958) a nivel de especie y con las matrices de densidad en cel ml^{-1} y para bentos y zooplancton, la riqueza se calculó mediante conteo de taxa presentes: de familias para bentos y de especies para zooplancton.

Se verificaron diferencias espaciales entre los sitios (Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas) y las zonas (litoral, centro y canal) y temporales (entre meses) mediante análisis no paramétricos de varianza de una vía ANOSIM con las matrices de abundancia de los diferentes grupos de fitoplancton y zooplancton.

Los datos fueron transformados logarítmicamente (fitoplancton y zooplancton). Las matrices de similitud se realizaron con el índice de Bray Curtis. Para cada matriz se analizó la relación entre las matrices de datos ambientales y biológicas a través del coeficiente de correlación de Spearman mediante un análisis BIOENV (Biotic Environment, Clarke & Warwick 2001). Para este análisis, las variables abióticas utilizadas para las comunidades de plancton fueron los parámetros físico-químicos de la columna del agua, mientras que para la comunidad bentónica se utilizaron los de sedimentos. Las matrices de similitud de los datos biológicos se

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

hicieron en base a los datos de biomasa (fitoplancton) y abundancia (zooplancton y zoobentos). Los datos ambientales fueron normalizados y las matrices de similitud se hicieron en base a distancias euclideanas. Para los datos biológicos, en cambio, las matrices de similitud de los datos biológicos se hicieron en base al índice de Bray Curtis.

Se realizaron correlaciones de Spearman para analizar las posibles correlaciones entre el caudal y las variables de agua (nitrógeno y fósforo total, fósforo soluble, clorofila, profundidad disco de Secchi, turbiedad), en sedimentos (nutrientes, materia orgánica, granulometría), caudal y las variables bióticas del plancton y macrozoobentos (abundancia, riqueza, diversidad de Shannon y biomasa).

Para las comunidades y variables físico químicas de agua y sedimento, se verificó si existieron diferencias ($p < 0.05$) entre el período antes (agosto 2006-noviembre 2007) y después de funcionamiento la planta (noviembre 2007 - noviembre 2017) mediante análisis de varianza ANOVA. Se utilizaron las matrices de densidad e índices de diversidad de cada comunidad, los cuales fueron transformados logarítmicamente en caso de no cumplir los supuestos.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006) y STATISTICA.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis físico-químicos: AGUAS

Los resultados físico químicos del agua durante el año 2017 presentaron resultados similares a los de años anteriores (tablas 4.1.1 y 4.1.2). Las temperaturas siguieron el patrón estacional típico de la región con mínima de 15,7 ºC en invierno y máxima de 26,2 ºC en verano. La conductividad osciló entre 51 y 82 µS/cm, el pH presentó valores promedio entre 6,5 y 7,2, destacando la presencia de valores puntuales (mínimo de 5,7) menores al límite establecido en los tres primeros muestreos.

Entre abril y julio se presentó un marcado aumento de caudal del Río Uruguay, alcanzando valores promedio de 55740 m^3/s y 16212 m^3/s en los muestreos de otoño e invierno, respectivamente (tabla 4.1.1 y figura 4.1.2). En verano y primavera los caudales fueron similares a los del año anterior.

El oxígeno disuelto presentó valor mínimo de 5,3 mg/l en Nuevo Berlín litoral en febrero, cumpliendo con el límite establecido en el Decreto 253/79. La turbidez fue mínima en el muestreo de primavera con menor caudal y máxima en el muestreo de otoño donde se presentó el máximo caudal (tabla 4.1.1).

Tabla 4.1.1. Valores promedios mensuales, mínimos y máximos de las variables fisicoquímicas: Temperatura (ºC), Conductividad (µS/cm), Oxígeno Disuelto (mg/l), pH, Disco de Secchi (cm), Turbiedad (NTU), Caudal (m^3/s), durante los días de muestreo en 2017.

	Temperatura (ºC)	Conductividad (µS/cm)	pH	Turbidez (NTU)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Caudal (m^3/s)	Disco Secchi (cm)
Verano 2017	25,3	66	6,9	28	6,3	9175	39
Otoño 2017	16,2	53	6,5	59	8,7	55740	20
Invierno 2017	16,1	72	6,8	30	8,9	16212	34
Primavera 2017	22,4	67	7,2	26	8,3	8541	58
Min.	**15,7**	**51**	**5,7**	**23**	**5,3**	**7226**	**20**
Máx.	**26,2**	**82**	**7,5**	**78**	**9,4**	**56070**	**70**

En la tabla 4.1.2 se presentan los resultados del índice de extinción de la luz y la estimación de la capa eufótica o de luz disponible para la fotosíntesis. El mismo se encuentra limitado por la turbiedad, la cantidad de partículas suspendidas y la profundidad del sitio, por lo tanto, también es afectado por el caudal. En noviembre, muestreo con menor caudal, la irradiancia llegó hasta el fondo en los puntos litorales de Nuevo Berlín y Fray Bentos. En el muestreo de mayo no se pude registrar la medida de la transparencia del agua en todos los puntos debido a las condiciones del muestreo con caudal alto (figura 4.1.1). En los puntos que se pudo medir el disco de Secchi presentó valores de 20 cm, siendo así la transparencia del agua mínima cuando los caudales fueron máximos.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Tabla 4.1.2. Coeficiente de extinción de la luz, profundidad de la capa eufótica y profundidad máxima del punto para los muestreos realizados en el año 2017 (en mayo no se registró).

Fecha	Punto	Kd (cm^{-1})	Zona eufótica (cm)	Profundidad del punto de muestreo (cm)
Febrero 2017 (Caudal: 9175 m^3/s)	NB 2.1	0,05	96	150
	NB 2.2	0,06	72	450
	NB 2.3	0,06	72	870
	FB 2.1	0,06	72	200
	FB 2.2	0,05	96	110
	FB 2.3	0,05	96	160
	LC 2.1	0,04	120	300
	LC 2.2	0,04	120	400
	LC 2.3	0,05	96	870
Agosto 2017 (Caudal: 16212 m^3/s)	NB 2.1	0,03	144	720
	NB 2.2	0,04	120	530
	NB 2.3	0,05	96	920
	FB 2.1	0,06	72	190
	FB 2.2	0,06	72	120
	FB 2.3	0,06	72	180
	LC 2.1	0,10	48	250
	LC 2.2	0,06	72	350
	LC 2.3	0,10	48	850
Noviembre 2017 (Caudal: 8541 m^3/s)	NB 2.1	0,03	168	170
	NB 2.2	0,03	168	360
	NB 2.3	0,03	168	760
	FB 2.1	0,04	120	120
	FB 2.2	0,04	120	770
	FB 2.3	0,05	96	165
	LC 2.1	0,03	144	200
	LC 2.2	0,03	144	350
	LC 2.3	0,03	144	850

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

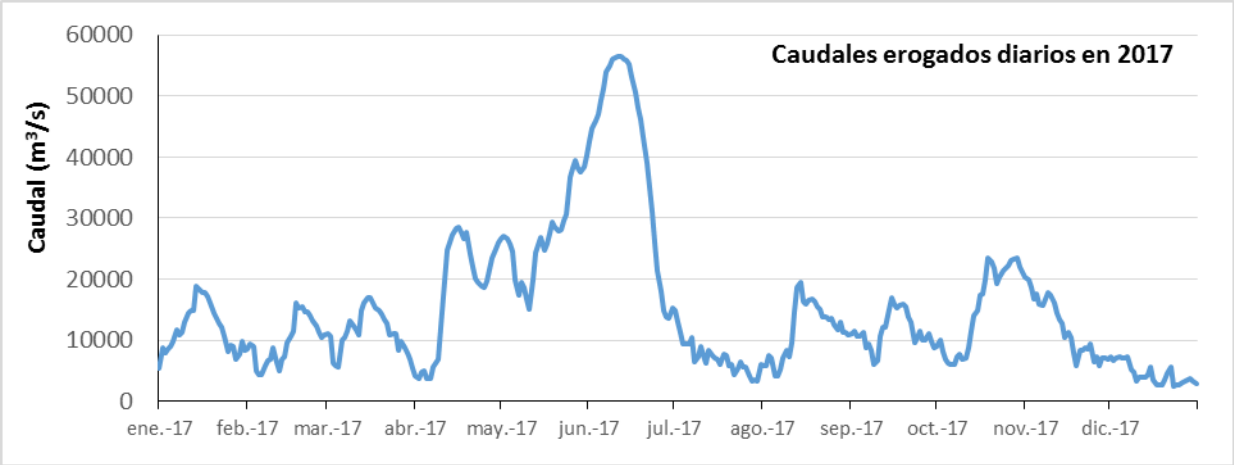

Figura 4.1.1. Caudales erogados diarios en Salto Grande durante 2017.

En la tabla 4.1.2 se observan los valores promedios de los principales nutrientes y clorofila. Los valores de nitrógeno total oscilaron entre 0,8 y 1,6 mg l^{-1}. El nitrito presentó en su mayoría valores cercanos a los no detectados, el nitrato presentó valores máximos en primavera (0,93 mg/l en Fray Bentos) y el amonio valores por debajo de 0,12 mg l^{-1}.

Tabla 4.1.2. Valores promedios, mínimos y máximos de las variables químicas de agua: Nitrógeno total (mg/l), Nitrito (mg/l), Nitrato (mg/l), Amonio (mg/l), Fósforo total (µg/l), Fósforo reactivo soluble (µg/l) y Clorofila *a* (µg/l), durante 2017.

	Fósforo Soluble (como P) (µg/l)	Fósforo Total (µg/l)	Clorofila-*a* (µg/l)	Nitrito (como N) (µg/l)	Nitrato (como N) (mg/l)	Nitrógeno total (como N) (mg/l)	Amonio (como N) (mg/l)
Verano 2017	113,1	159,0	4,12	<0,033	0,41	0,9	0,06
Otoño 2017	10,7	69,3	2,00	0,027	0,84	1,5	0,08
Invierno 2017	52,3	75,7	0,69	<0,033	0,51	1,1	SR
Primavera 2017	10,7	38,5	2,48	<0,033	0,89	1,2	0,01
Min.	**<32,0**	**<0,1**	**<0,1**	**<0,033**	**0,35**	**0,8**	**<0,014**
Máx.	**163**	**226**	**7,4**	**0,045**	**0,93**	**1,6**	**0,12**

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

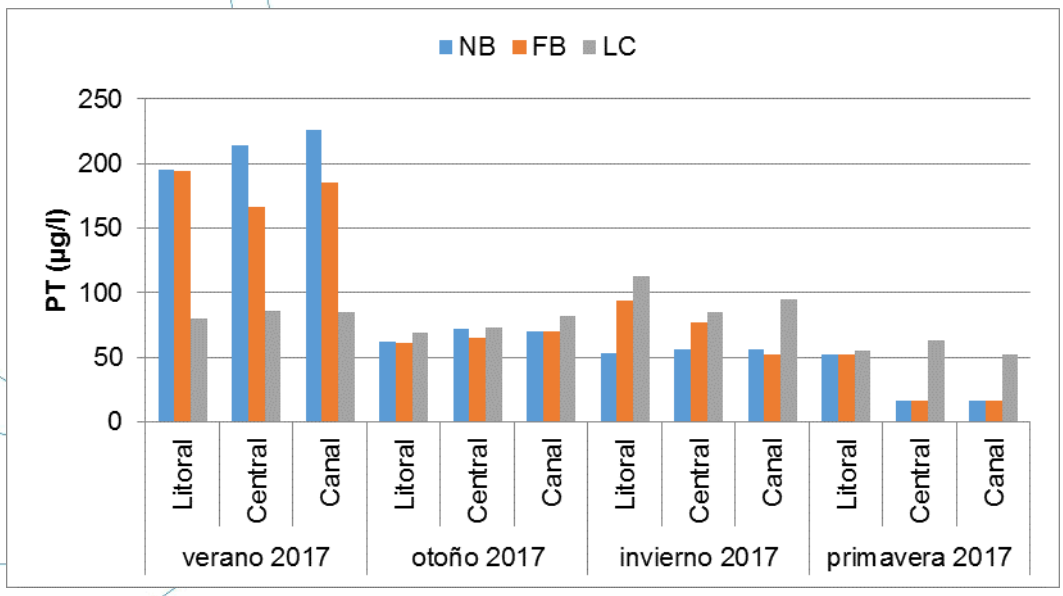

Figura 4.1.2. Fósforo total en los tres sitios durante 2017. Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC).

La figura 4.1.2 muestra que los valores máximos de fósforo total fueron máximos en verano, principalmente en Nuevo Berlín y Fray Bentos (máximo 226 µg/l en canal de NB). La clorofila también fue máxima en febrero, con un máximo de 7,4 µg/l en Fray Bentos (tabla 4.1.2).

La correlación de las variables ambientales fue analizada mediante el coeficiente de Spearman y para este año 2017, mostró que la conductividad, pH y turbiedad estuvieron correlacionadas negativamente con el caudal (r= -0.7), mientras que con el nitrógeno total y nitrato fue positiva (r=0.8 y 0.4 respectivamente).

Al igual que los años anteriores se testearon diferencias espaciales (entre los sitios y zonas) y temporales (entre meses) mediante un análisis de similaridad ANOSIM, tomando la matriz ambiental. El análisis mostró que no existen diferencias entre los sitios (NB, FB, LC) (RGlobal= -0.206), ni entre las zonas (litoral, central y canal) (RGlobal= -0.211), pero si mostró una marcada estacionalidad a lo largo del año, (RGlobal=0.883), p=0.01, o sea, mostró un 99% de similaridad entre sitio y zonas.

Variación temporal agosto 2006 – noviembre 2017

El caudal presente durante el muestreo de mayo 2017 (56070 m^3/s) fue el máximo registrado desde el año 2006 desde las atividades del presente monitoreo (figura 4.1.3).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

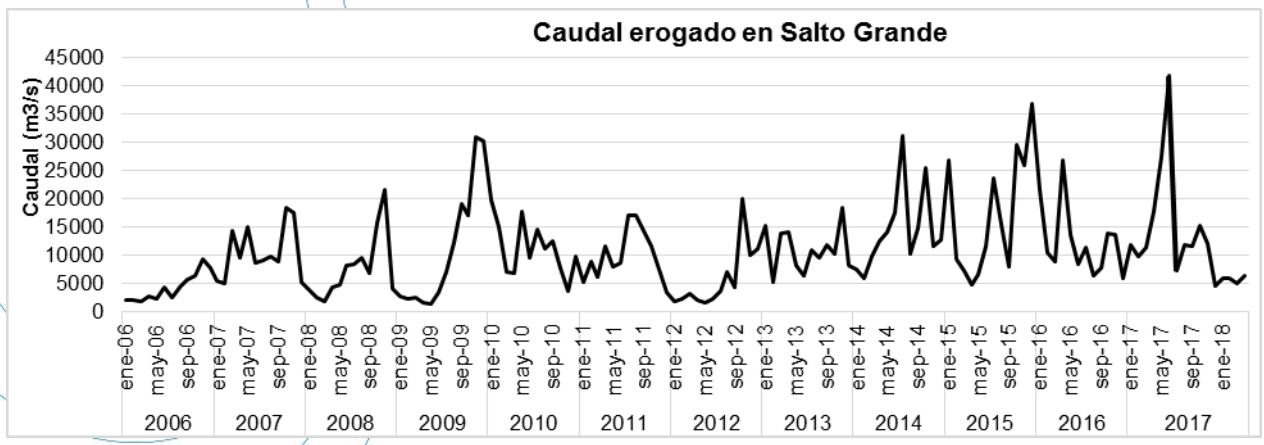

Figura 4.1.3. Promedios mensuales de los caudales diarios erogados en Salto Grande durante 2006-17.

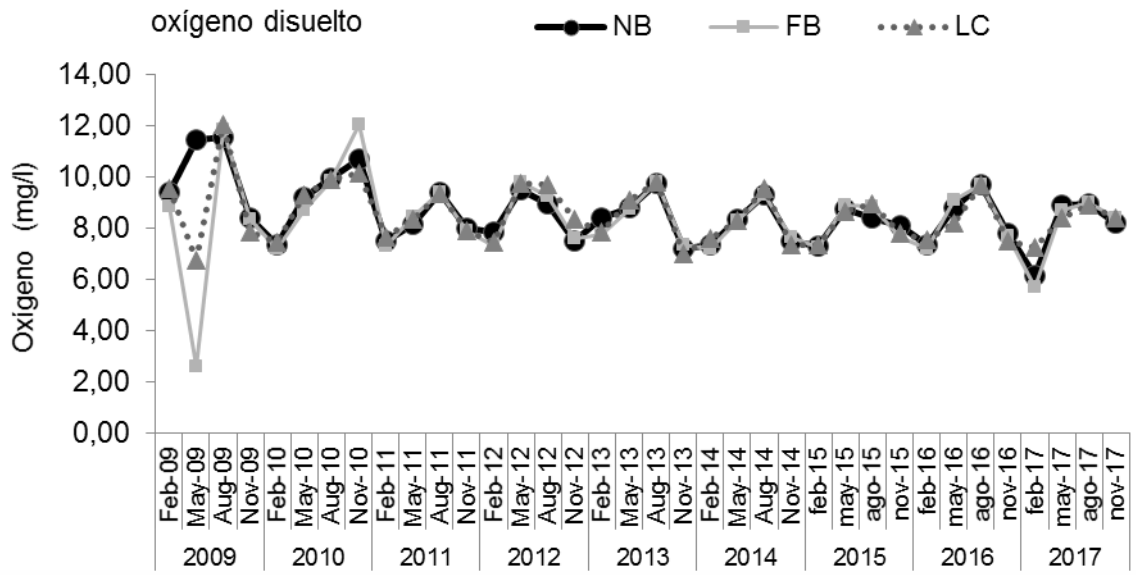

Figura 4.1.4. Promedios mensuales de oxígeno disuelto (mg/l) tomados in situ durante febrero 2009 – noviembre 2017 en los tres sitios de muestreo: Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC).

En las figuras 4.1.4 se representan las oscilaciones del oxígeno disuelto en agua en los tres sitios. La concentración de oxígeno promedio supera los 5,0 mg/l con la excepción de una depleción en mayo 2009 en FB. Se observa el mismo patrón que en las demás variables ambientales donde, salvo excepciones, los tres sitios fluctúan de forma similar.

En las figuras 4.1.5, 4.1.6 y 4.1.7 se muestran las variaciones temporales de los principales nutrientes, nitrógeno total, fósforo soluble y fósforo total en los tres sitios de muestreo. Se destaca el aumento de las concentraciones de fósforo soluble y total en febrero 2017, siendo el valor de fósforo soluble (163 µg/L en Fray Bentos) el máximo desde el inicio del monitoreo. El fósforo total presenta valores por encima del límite permitido (25 µg/L) desde antes del inicio de la Planta.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

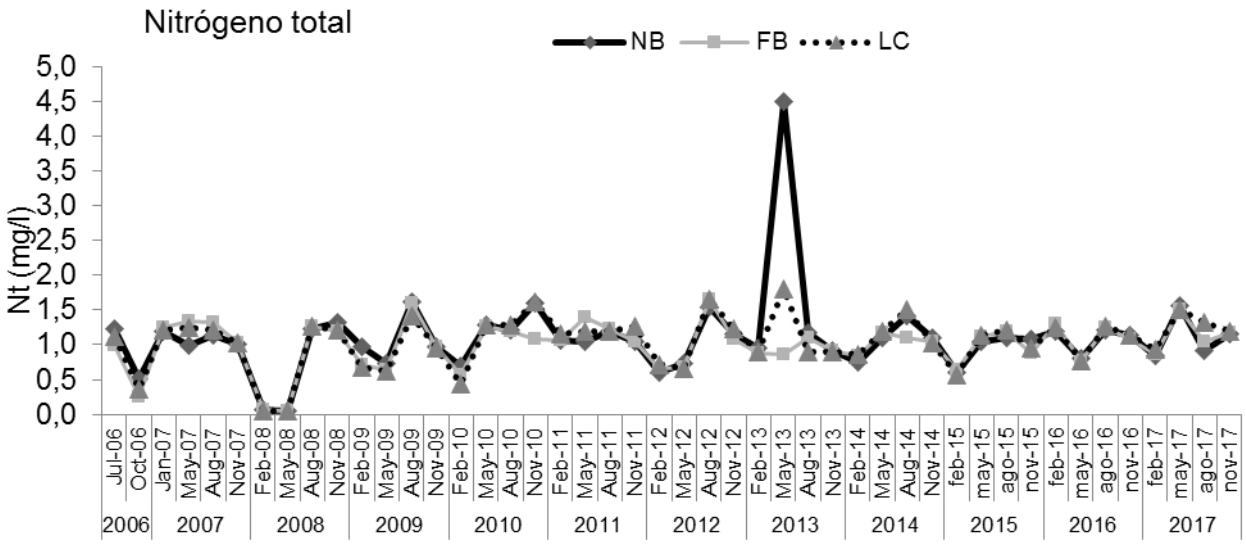

Figura 4.1.5. Promedios mensuales de nitrógeno total (mg/l) durante julio 2006 – noviembre 2017 en los tres sitios de muestreo: Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC).

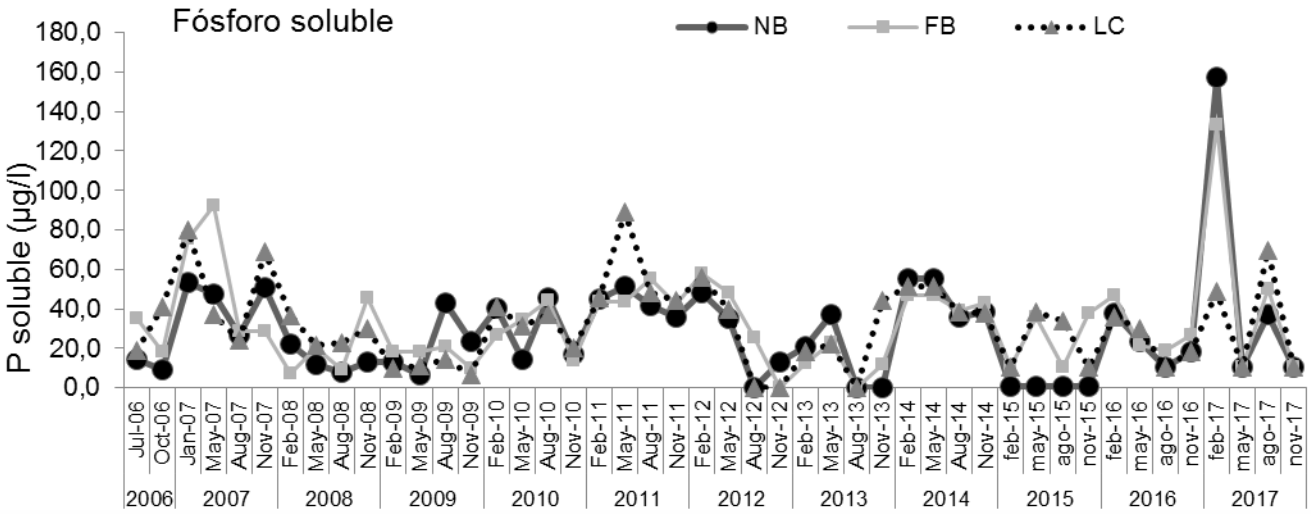

Figura 4.1.6. Promedios mensuales de fósforo soluble (µg/l) durante julio 2006 – noviembre 2017 en los tres sitios de muestreo: Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

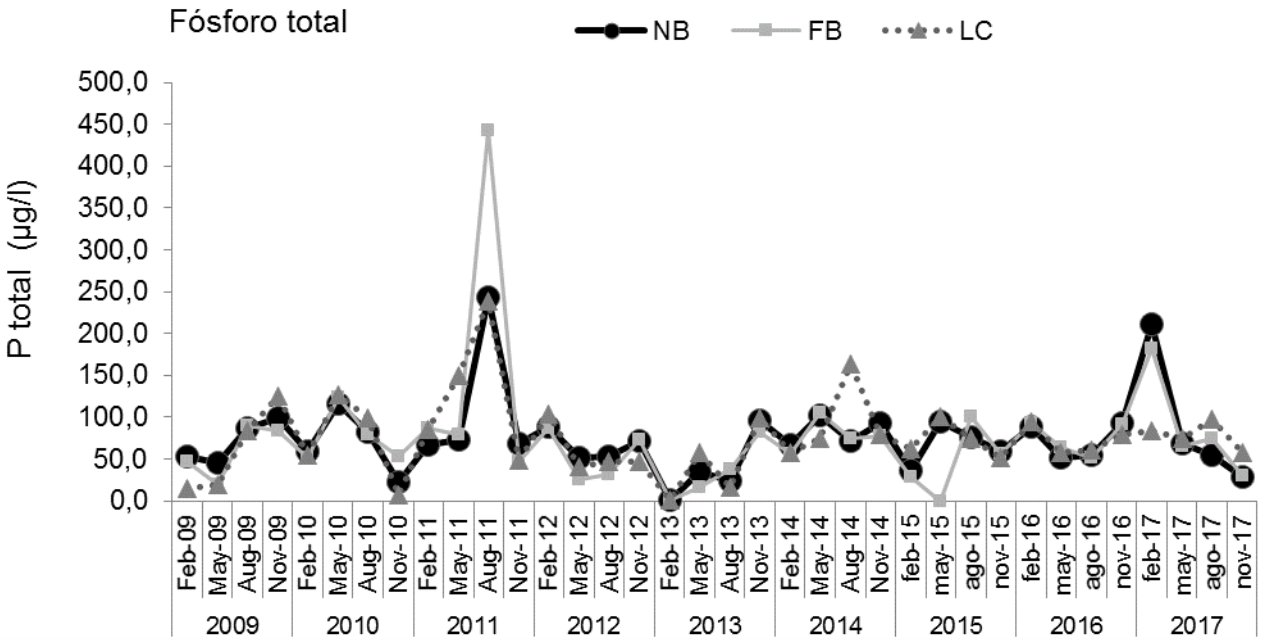

Figura 4.1.7. Promedios mensuales de fósforo total (µg/l) durante noviembre 2008 – noviembre 2017 en los tres sitios de muestreo: Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC).

Según los análisis de similaridad realizados con la matriz ambiental, las comparaciones entre sitios y zonas no fueron significativos, RGlobal sitio=-0.017, p=0.01; RGlobal zona= -0.019, p=0.01), pero si se observó diferencias temporales (RGlobal temporal= 0.873, p=0.01).

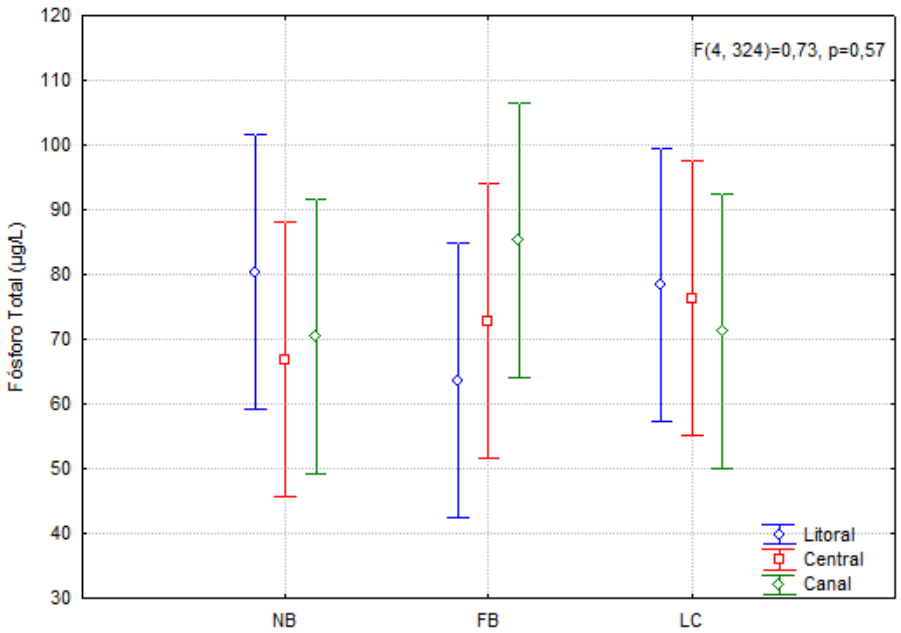

Figura 4.1.8. Promedios y desvíos mensuales de fósforo total (µg/l) durante 2006 – 2017 en los tres sitios de muestreo: Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC) y las zonas: litoral, medio y canal.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

En la figura 4.1.8, se observa que los promedios de fósforo total en los sitios son similares, en FB se observa un aumento hacia el canal mientras que en LC una disminución de los promedios y desvíos.

Al analizar las variaciones de fósforo soluble y nitrógeno total en agua en los diferentes sitios (NB, FB y LC) y las zonas de muestreos (litorales, intermedios y canales) durante 2006 al 2017, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las mismas, antes y después de puesta en funcionamiento la planta. En FB se acentuó la diferencia del fósforo reactivo soluble antes y después de puesta en funcionamiento la planta en la zona litoral y canal (figuras 4.1.9 y 4.1.10).

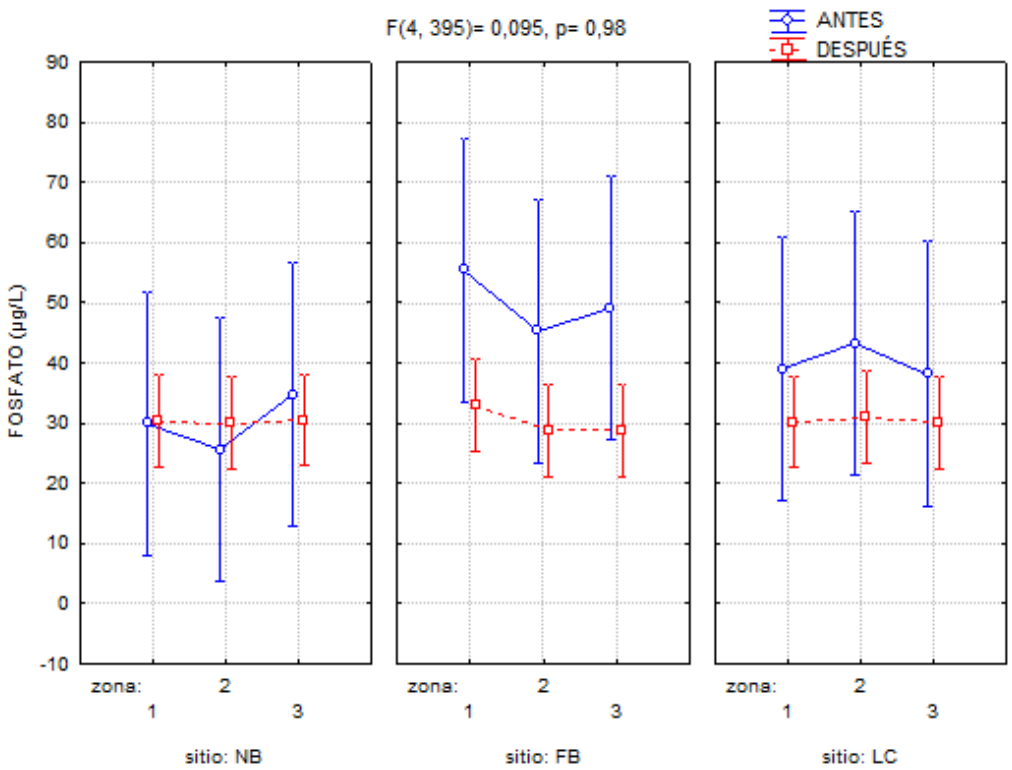

Figura 4.1.9. Resultado del ANOVA de tres vías, para el fosfato en agua en los tres sitios de (Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas) en las distintas zonas: 1: litoral, 2: media y 3: canal durante 2006 al 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

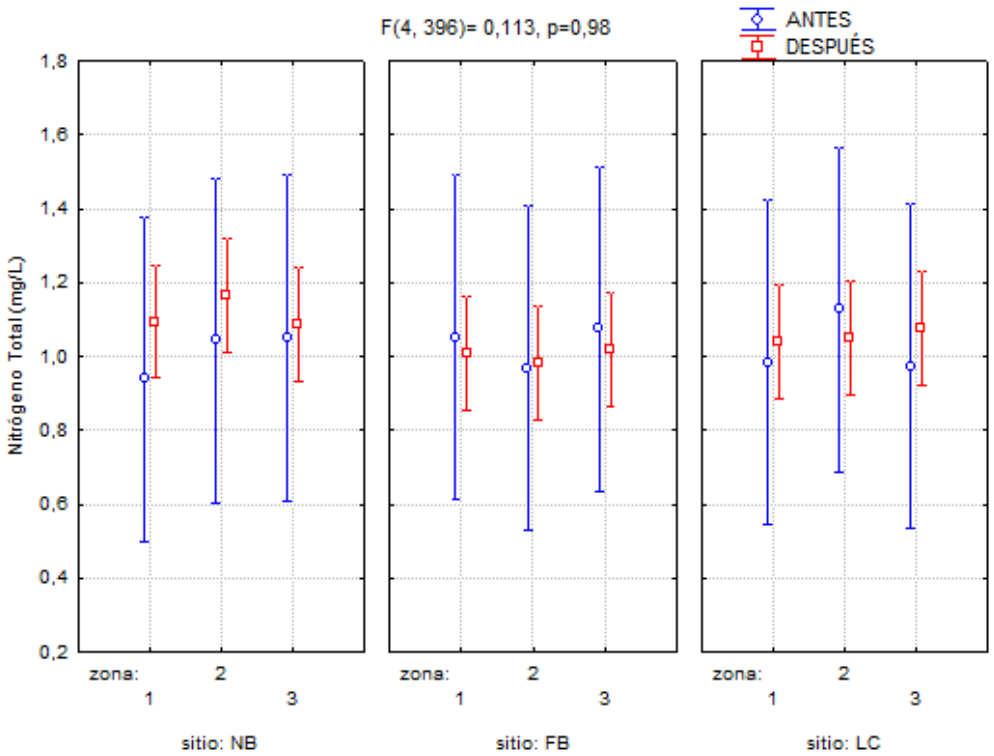

Figura 4.1.9. Resultado del ANOVA de tres vías, para el nitrógeno total en los tres sitios de (Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas) en las distintas zonas: 1: litoral, 2: media y 3: canal durante 2006 al 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

4.2 Análisis físico-químicos: SEDIMENTOS

4.2.1 Análisis físico-químicos: SEDIMENTOS

En el año 2017 las concentraciones de fósforo total en sedimentos variaron entre 8 y 160 mgP/kg b.s, siendo máxima en LC 3.1, mientras que el nitrógeno Kjeldahl total fue entre 11 y 2968 mgN/kg b.s (FB 2.3 ambos en noviembre). La concentración máxima de materia orgánica fue de 7.1 g/100g bs (FB 1.1 en mayo). Los porcentajes promedios de materia orgánica encontrados oscilaron entre 0.8 y 3.5 %. El máximo promedio de fósforo se observó en Fray Bentos durante el muestreo de primavera, mientras que el mínimo se presentó en Nuevo Berlín en invierno. El promedio máximo para nitrógeno y materia orgánica, se encontró en Fray Bentos durante el verano, el mínimo de nitrógeno se observó en otoño en Nuevo Berlín. El porcentaje de materia orgánica presentó su mínimo en verano en Nuevo Berlín, en donde también se registró el mínimo de Limo. Esta fracción de sedimento varió entre 2.7 y 41.7 %, presentando su promedio máximo en el muestreo de otoño en Fray Bentos. En los cuatro muestreos correspondientes al 2017 Fray Bentos fue el sitio que registró las mayores concentraciones de limo en sedimentos (Figura 4.2.1).

Al igual que en años anteriores, las concentraciones de nutrientes en sedimentos y la concentración de materia orgánica en **Nuevo Berlín** se correlacionaron de forma negativa con las fracciones de arena gruesa y mediana, y positivamente con las de arena fina, muy fina y limo. El nitrógeno y la materia orgánica también se correlacionaron positivamente con fracciones de arcilla, no observándose esta correlación lineal con concentraciones de fósforo.

En Fray Bentos las concentraciones de fósforo sedimentos se correlacionaron negativamente con arena gruesa y positivamente con el limo. El nitrógeno y materia orgánica mostraron correlación negativa con arena gruesa, mediana y fina y positiva con fracciones de arena muy fina, limo y arcilla.

En **Las Cañas** la concentración de fósforo total, nitrógeno y materia orgánica se correlacionaron negativamente con la fracción de arena mediana y positivamente con arena muy fina. El nitrógeno y materia orgánica también se correlacionaron positivamente con arcilla. Tanto en Fray Bentos como en las cañas el fósforo total se correlacionó negativamente con el caudal (Tabla 4.2.1).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

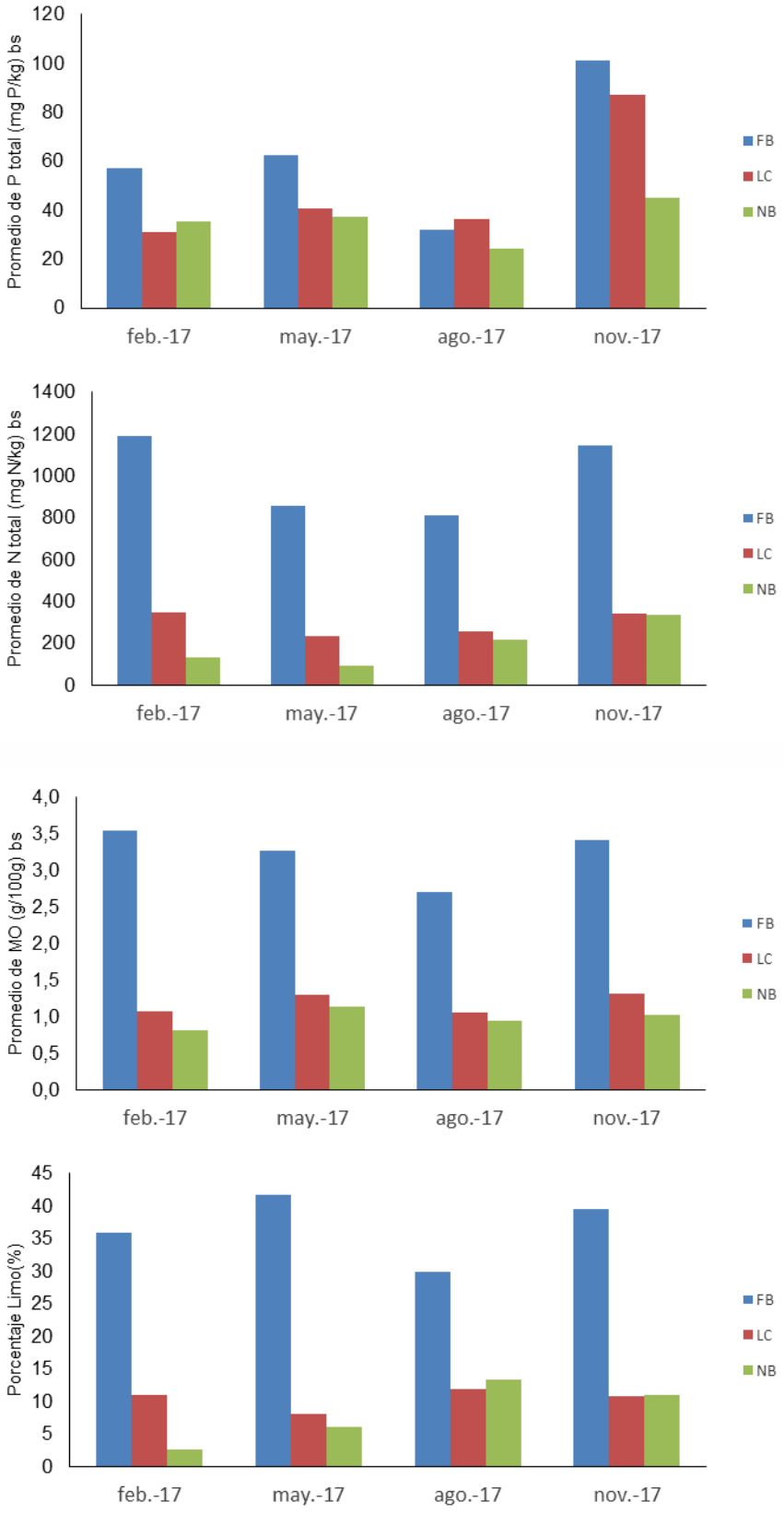

Figura 4.2.1. Promedio estacional de fósforo total, nitrógeno total (peso seco), materia orgánica y porcentajes de las fracciones de limo en los sedimentos en el área de estudio durante el año 2017 (NB: Nuevo Berlín, FB: Fray Bentos y LC: Las Cañas).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Tabla 4.2.1. Coeficientes de correlación de Spearman entre los nutrientes (nitrógeno (N) y fósforo total (P total) y materia orgánica (MO) en sedimentos y los distintos tamaños de grano en los tres sitios de estudio, durante febrero y noviembre 2017. Los valores de Spearman significativos p< 0.05 se destacan en cursiva.

Nuevo Berlín

	Fósforo total (mg P/kg) bs	Nitrógeno KT (mg N/kg) bs	MO (%) bs
Grava (%)	0,03	-0,01	0,10
Arena gruesa (%)	***-0,41***	***-0,48***	***-0,47***
Arena mediana (%)	***-0,47***	***-0,69***	***-0,76***
Arena fina (%)	***0,37***	***0,42***	***0,40***
Arena muy fina (%)	***0,50***	***0,77***	***0,87***
Limo (%)	***0,49***	***0,73***	***0,85***
Arcilla (%)	0,34	***0,42***	***0,46***
Caudal	-0,32	***-0,02***	***0,08***

Fray Bentos

	Fósforo total (mg P/kg) bs	Nitrógeno KT (mg N/kg) bs	MO (%) bs
Grava (%)	-0,30	0,08	0,26
Arena muy gruesa (%)	-0,05	0,23	0,27
Arena gruesa (%)	***-0,41***	***-0,48***	***-0,44***
Arena mediana (g%)	-0,34	***-0,74***	***-0,75***
Arena fina (%)	0,02	***-0,41***	***-0,52***
Arena muy fina (%)	0,35	***0,50***	***0,41***
Limo (%)	***0,43***	***0,78***	***0,72***
Arcilla (%)	0,35	***0,46***	***0,42***
Caudal	***-0,60***	-0,19	-0,12

Las Cañas

	Fósforo total (mg P/kg) bs	Nitrógeno KT (mg N/kg) bs	MO (%) bs
Arena gruesa (%)	-0,12	-0,14	-0,10
Arena mediana (g%)	***-0,38***	***-0,71***	***-0,68***
Arena fina (%)	0,06	-0,01	-0,04
Arena muy fina (%)	***0,38***	***0,85***	***0,85***
Limo (%)	0,31	***0,84***	***0,85***
Arcilla (%)	0,30	***0,37***	***0,37***
Caudal	***-0,39***	0,00	-0,04

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Variación hasta noviembre 2017

En el periodo febrero 2007 – noviembre 2017 la variación temporal de fósforo total, nitrógeno KT, materia orgánica, limo y arena mediana, mostró en líneas generales que tanto los promedios de las concentraciones de nutrientes, materia orgánica, y limo fueron mayores en la zona de Fray Bentos. En el último se observa una disminución de las concentraciones de fósforo en Fray Bentos. En cuanto a la granulometría podemos mencionar que se observó un aumento de las fracciones de limo los tres sitios, siendo Las Cañas el sito que en líneas generales presentó mayor porcentaje de esta fracción (Figuras 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 4 4.2.5 y 4.2.6).

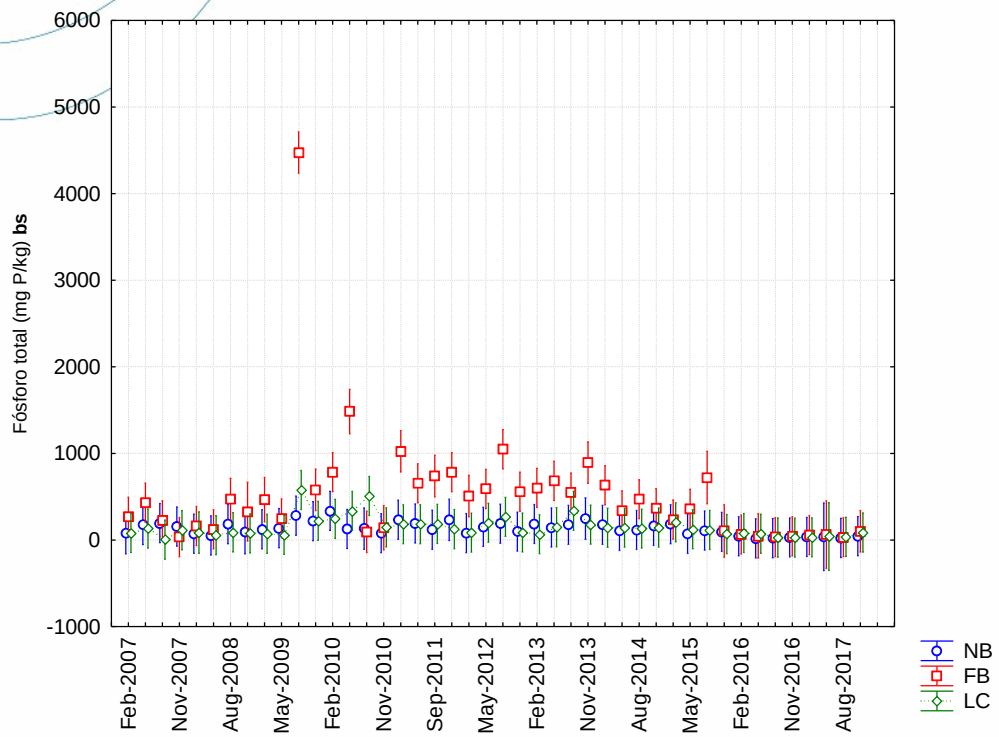

Figura 4.2.2 Variación de fósforo total promedio (+/- error estándar) en el período de estudio (febrero 2007- noviembre 2017) en los sitios de muestreo.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

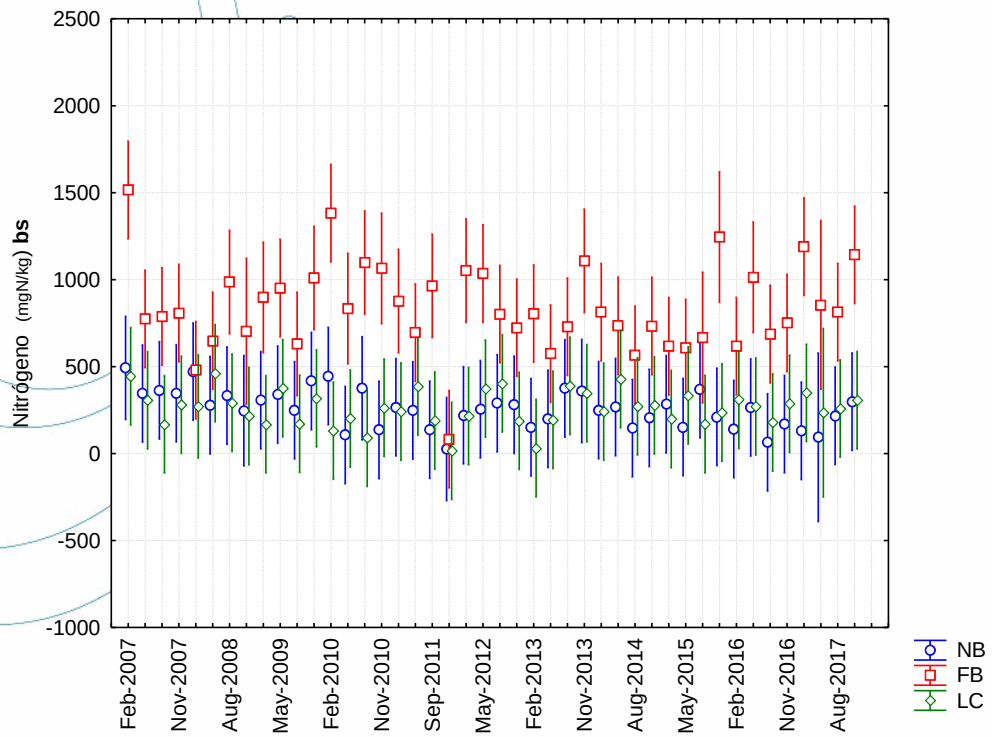

Figura 4.2.3 Variación de nitrógeno Kjeldahl total promedio (+/- error estándar) en el período de estudio (febrero 2007-noviembre 2017) en los sitios de muestreo.

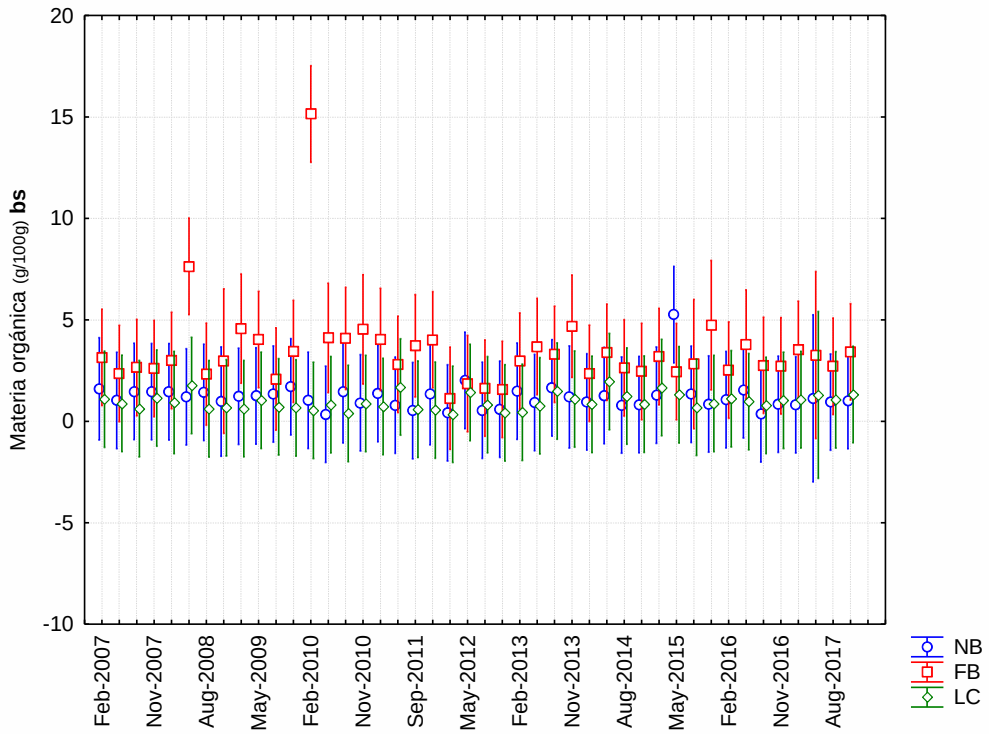

Figura 4.2.4 Variación de materia orgánica promedio (+/- error estándar) en el período de estudio (febrero 2007-noviembre 2017) en los sitios de muestreo

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

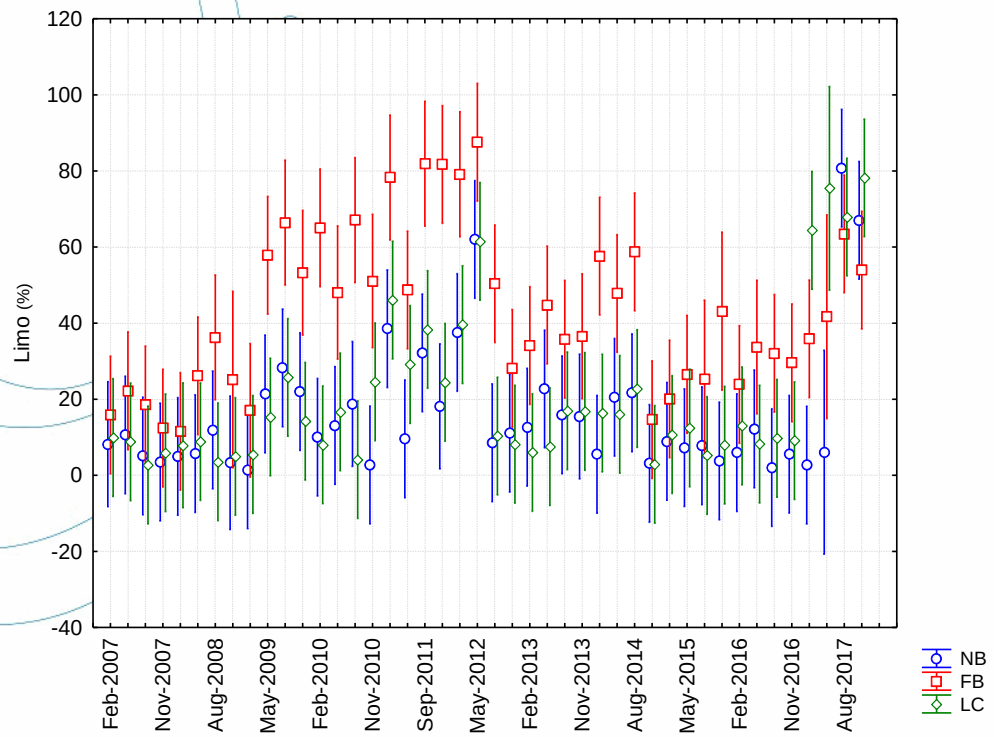

Figura 4.2.5 Variación de limo promedio (+/- error estándar) en el período de estudio (febrero 2007- noviembre 2017) en los sitios de muestreo.

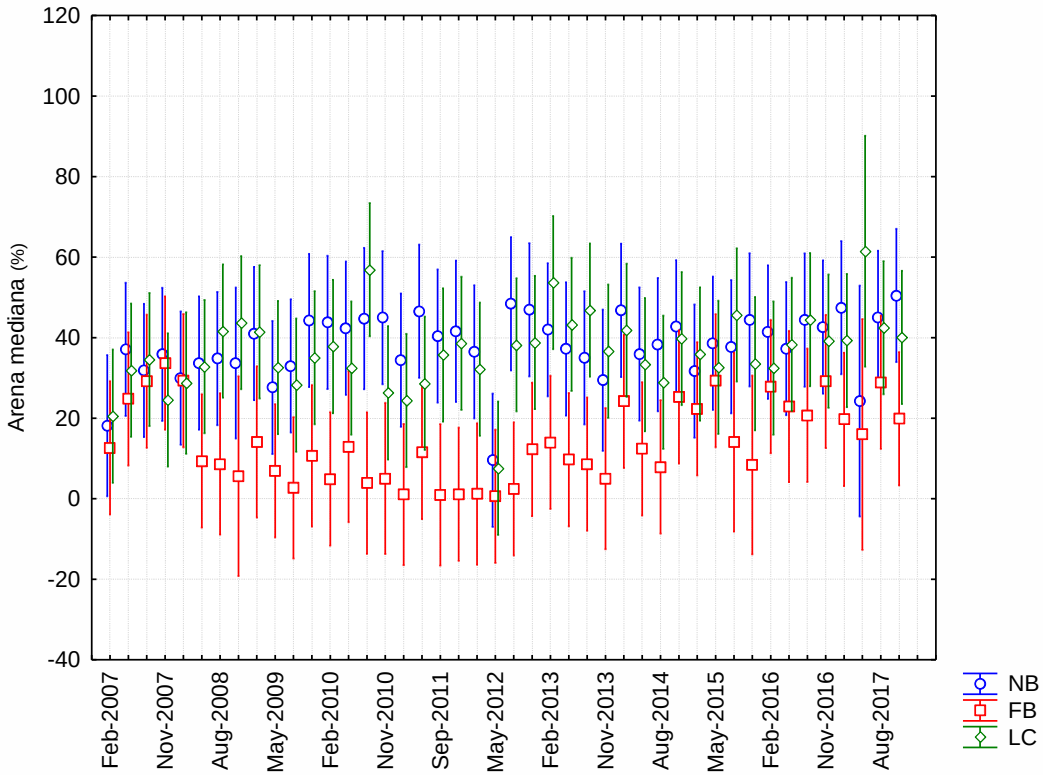

Figura 4.2.6 Variación de arena media promedio (+/- error estándar) en el período de estudio (febrero 2007- noviembre 2017) en los sitios de muestreo.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Las concentraciones de fósforo total, nitrógeno y materia orgánica presentaron correlación lineal positiva con las fracciones finas del sedimento (arena muy fina, limo y arcilla) y negativas con las fracciones de arena gruesa y mediana. El caudal se correlacionó negativamente con las concentraciones de fósforo total (Tabla 4.2.3).

Tabla 4.2.3 Coeficientes de correlación de Spearman entre nitrógeno, fósforo, materia orgánica en sedimentos, con las distintas fracciones de granulometría y el caudal en el período de febrero 2007 a noviembre 2017. Los valores de Spearman significativos p< 0,05 se destacan en cursiva y negrita.

	P total(mgP/kg) bs	Nitrógeno (mgN/kg) bs	Materia orgánica (g/100g) bs
Arena muy gruesa (%)	0,04	0,17	0,17
Arena gruesa (%)	***-0,33***	***-0,41***	***-0,42***
Arena mediana (%)	***-0,48***	***-0,81***	***-0,84***
Arena fina (%)	0,03	-0,12	-0,14
Arena muy fina (%)	***0,49***	***0,84***	***0,86***
Limo (%)	***0,49***	***0,87***	***0,89***
Arcilla (g%)	***0,33***	***0,48***	***0,48***
Caudal	***-0,40***	-0,07	-0,07

Al igual que años anteriores de las distintas fracciones de los sedimentos, se seleccionaron la fracción de limo y arena mediana debido a fueron las que presentaron mayor correlación con los nutrientes y materia orgánica (Tabla 4.2.3).

Se realizaron análisis de Varianza (ANOVA) con el fin determinar si se presentaron diferencias en las distintas variables de los sedimentos. Este análisis se realizó tomando en cuenta los distintos sitios, zonas y tiempo (antes y después de puesta en funcionamiento la plata). Las variables analizadas en esta sección fueron, concentraciones de fósforo total, nitrógeno Kjeldahl total y materia orgánica en sedimentos.

Las concentraciones de **fósforo total** en sedimentos presentaron diferencias entre los sitios ($F_{(2,1116)}$ =46.80, $p < 0.01$), entre las zonas ($F_{(2,1116)}$ =5.24, $p < 0.01$), en el tiempo ($F_{(1,1116)}$ = 36.49, $p < 0.01$), no así en la interacción de los factores (figura 4.2.6).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

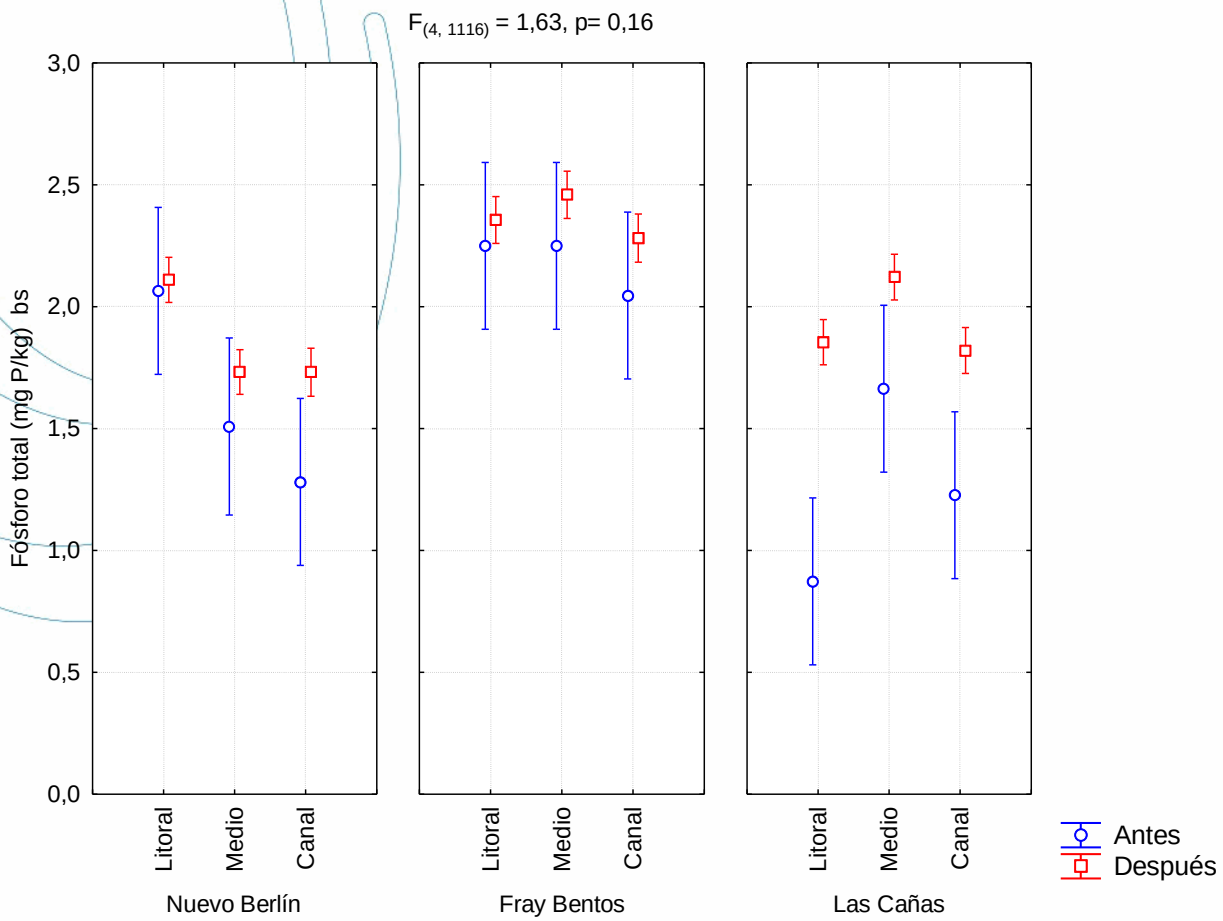

Figura 4.2.6. Resultado del ANOVA de tres vías, para la concentración de fósforo total (Log $_{x+1}$) en sedimentos (peso seco) en los tres sitios de estudio en las distintas zonas (febrero 2007-noviembre 2017).

Las variaciones de **nitrógeno KT** en sedimentos mostraron diferencias entre los sitios ($F_{(2,1116)} = 41.67$, $p < 0.01$), entre las zonas ($F_{(2,1116)} = 12.48$, $p < 0.01$) y en el tiempo ($F_{(1,1116)} = 6.78$, $p < 0.01$), no así en la interacción de los factores (figura 4.2.7).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

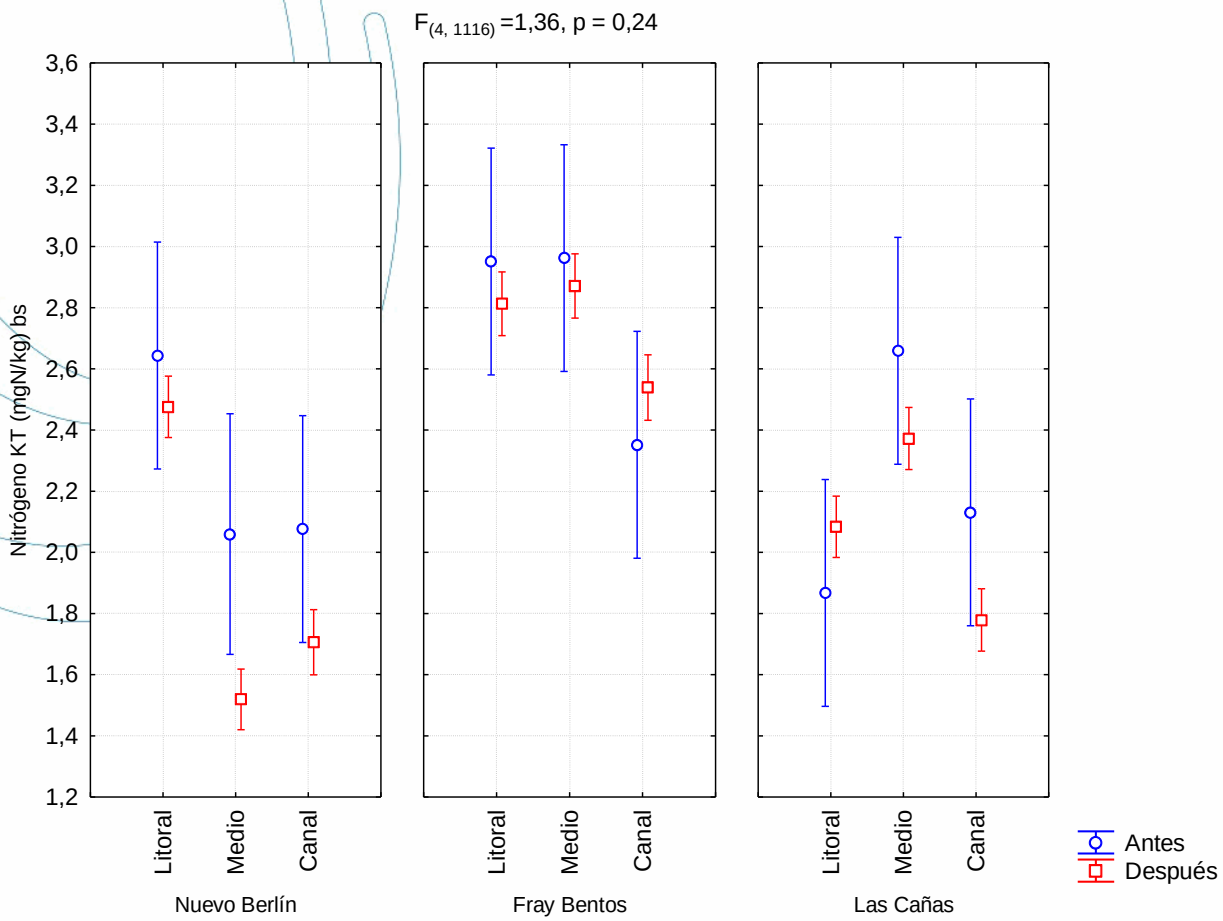

Figura 4.2.7. Resultado del ANOVA de tres vías, para la concentración de nitrógeno Kjeldahl total (Log $_{x+1}$) en sedimentos (peso seco) en los tres sitios de estudio en las distintas zonas (febrero 2007-noviembre 2017).

La **materia orgánica** en sedimentos presentó diferencias entre los sitios ($F_{(2,1116)} = 61.30$, $p < 0.01$), entre las zonas ($F_{(2,1116)} = 6.87$, $p < 0.01$), no así en el tiempo, ni en la interacción de los factores (figura 4.2.8).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

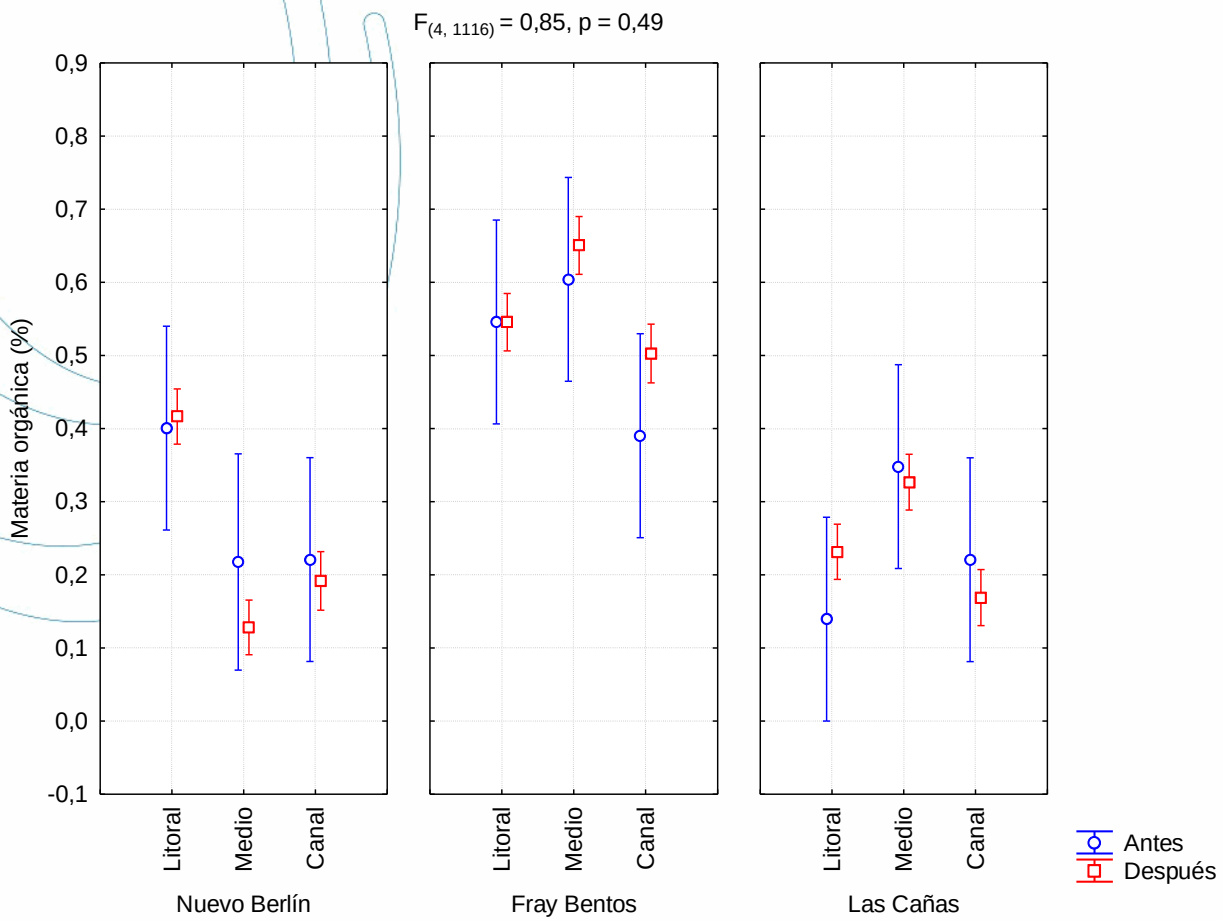

Figura 4.2.8. Resultado del ANOVA de tres vías, para la concentración de materia orgánica (Log $_{x+1}$) en sedimentos (peso seco) en los tres sitios de estudio en las distintas zonas (febrero 2007 - noviembre 2017).

Las variaciones de **limo** en las diferentes zonas de muestreos (litorales, intermedios y canales) no mostraron diferencias, si se observaron diferencias entre los sitios ($F_{(2,1116)} = 14.00$, $p < 0.01$) y el tiempo ($F_{(1,1026)} = 23.21$ $p < 0.01$), no así en la interacción de los factores (Figura 4.2.9).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

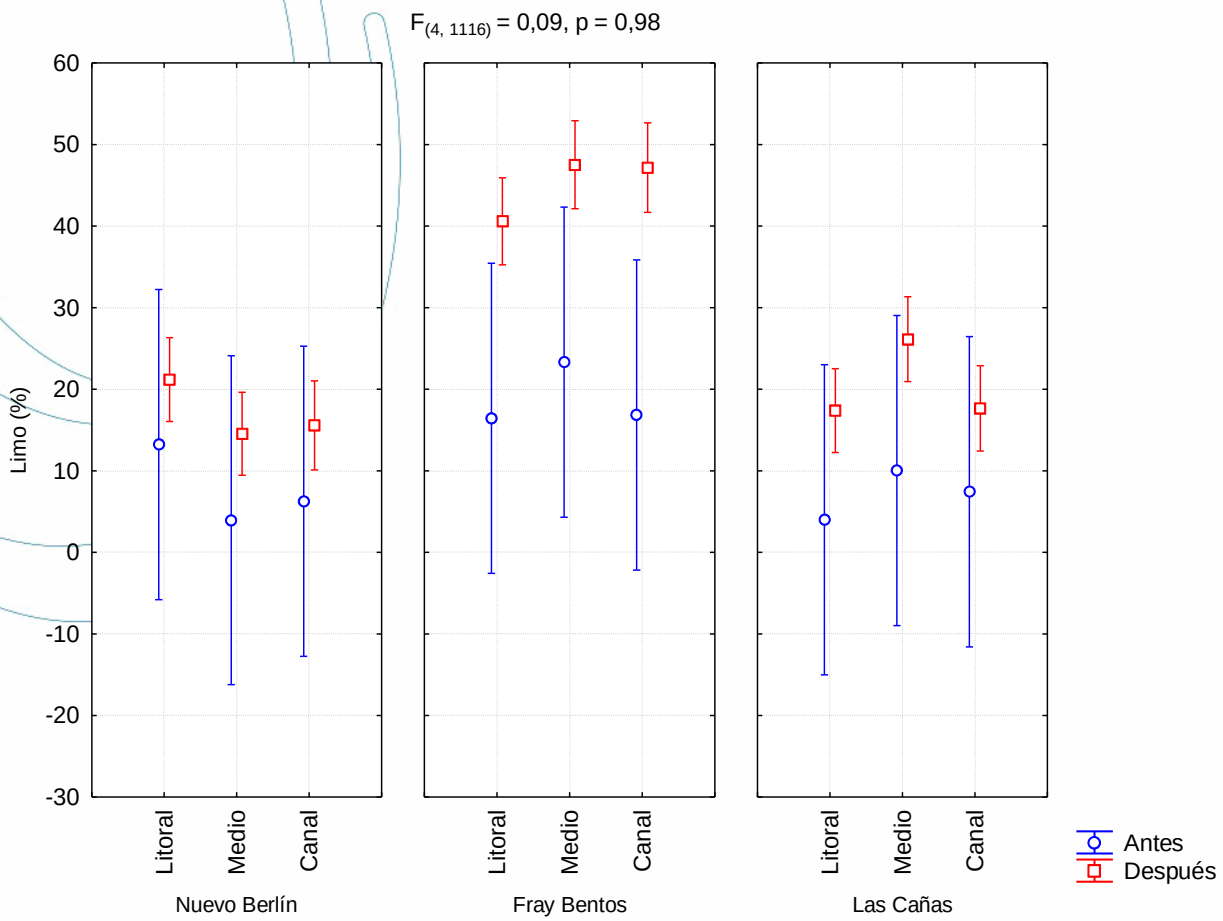

Figura 4.2.9. Resultado del ANOVA de tres vías, para la concentración de limo en sedimentos en los tres sitios de estudio en las distintas zonas (febrero 2007 - noviembre 2017).

Las variaciones de **arena mediana** presentaron diferencias entre los sitios ($F_{(2,1116)} = 18.39$, $p < 0.01$) y en la interacción de los factores (Figura 4.2.10).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

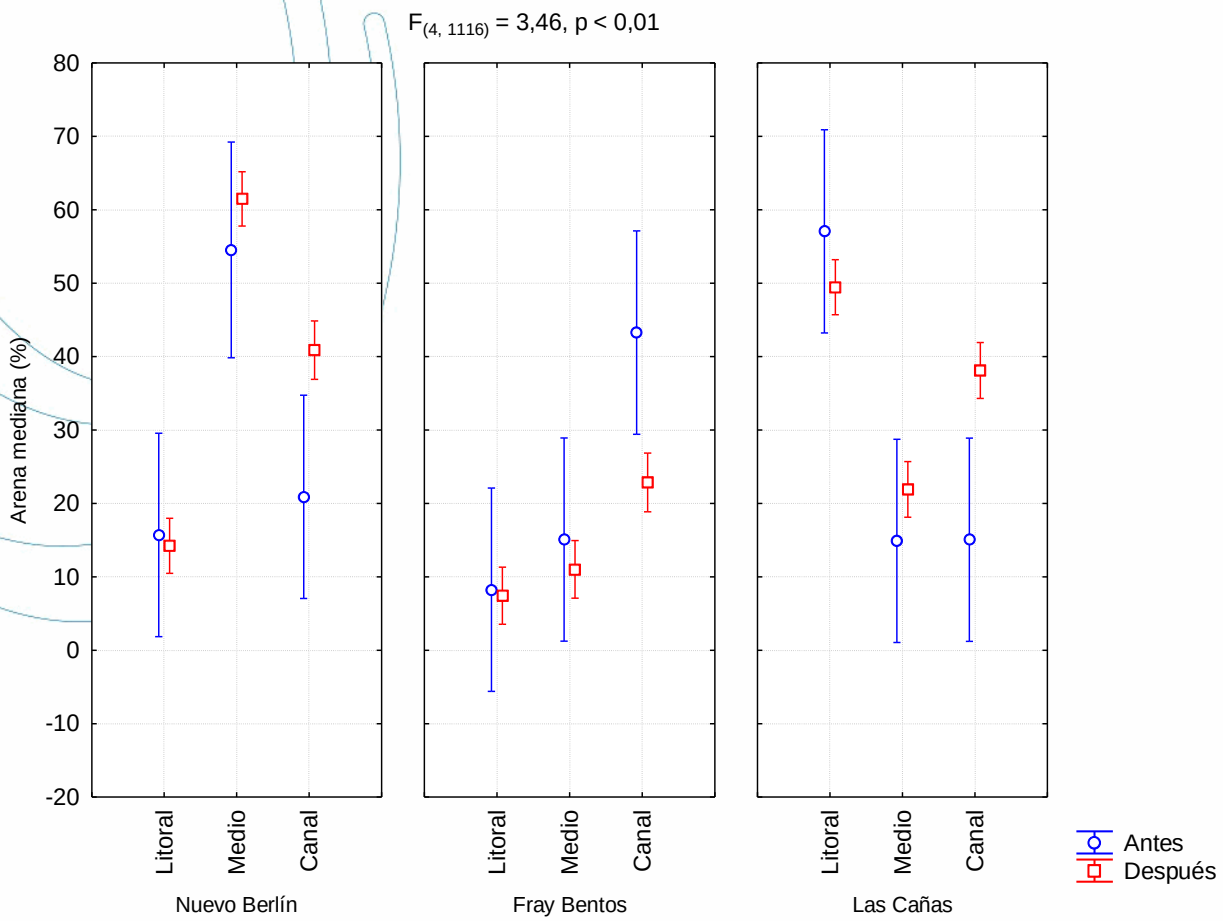

Figura 4.2.10. Resultado del ANOVA de tres vías, para la concentración de arena mediana en sedimentos en los tres sitios de estudio en las distintas zonas (febrero 2017 - noviembre 2017).

En Fray Bentos no se encontraron diferencias entre antes y después de puesta en funcionamiento la planta, a nivel de fósforo total, nitrógeno Kjeldahl total y materia orgánica.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

4.2.2 Ensayos toxicológicos en sedimentos

Al igual que los años anteriores, el bioensayo de toxicidad con *Daphnia magna* sobre el elutriado del sedimento lo clasificó como "no tóxico" (LC50, 48 h > 100%) en todos los puntos de los cuatro muestreos realizados en 2017.

4.2.3 Ensayos contaminantes en sedimentos

Al igual que en años anteriores, el mercurio, PCBs y EOX en sedimento presentan resultados por debajo de los límites de detección o cuantificación (LC) del correspondiente método de análisis (LATU 2016).

El cromo presentó valor máximo de 31 mg kg^{-1} en Fray Bentos en el muestreo de verano (figura 4.2.10), siendo este uno de los mayores valores del monitoreo pero nunca alcanzó el valor de ISQG (37,3 mg kg^{-1} según los Valores Guía Canadiense de Calidad de Sedimento).

Las Dioxinas y Furanos en sedimentos en el año 2017 presentaron valores nulos o menores a 1,01 ng/kg (tabla 4.2.4). A lo largo de todo el monitoreo el contenido de PCDD/DFs de los sedimentos (expresado como Toxicidad Equivalente Total con los factores de equivalencia de la OMS, y empleando el criterio más conservador de asumir el contenido de los congéneres no detectados como igual al límite de detección: ND=LD) se mantuvo lejos del nivel de efecto probable (PEL = 21,5 ng TEQ kg^{-1} b.s.),

Los PAH medidos en el año 2017 se encontraron por debajo de los valores de ISQG guía canadienses de calidad de sedimentos, salvo el Naftaleno que presentó un valor máximo de 255 µg kg^{-1} en Nuevo Berlín en verano, el cual superó el valor guía mencionado. Los valores de PAH que anteriormente superaron a sus respectivos ISQG fueron: Fenantreno (73 µg kg^{-1} en Las Cañas, febrero 2014), Criseno (58 µg kg^{-1} en Fray Bentos, mayo 2010), Benzo(a)antraceno (53 µg kg^{-1} también en Fray Bentos, mayo 2010) y Naftaleno (37 µg kg^{-1} también en Fray Bentos, mayo 2010; 45 µg kg^{-1} en Fray Bentos, setiembre 2011; 42 µg kg^{-1} en Fray Bentos, agosto 2013; 51 µg kg^{-1} en Las Cañas, febrero 2014 y 42 µg kg^{-1} en Nuevo Berlín, noviembre 2014) (Figuras 4.2.11, 4.2.12, 4.2.13 y 4.2.14). A pesar de superar los valores de ISQG todos los valores máximos estuvieron muy por debajo de los Niveles de Efecto Probable (PEL) (LATU 2016, 2015, 2014, 2012, 2011, 2009, 2008, 2007).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

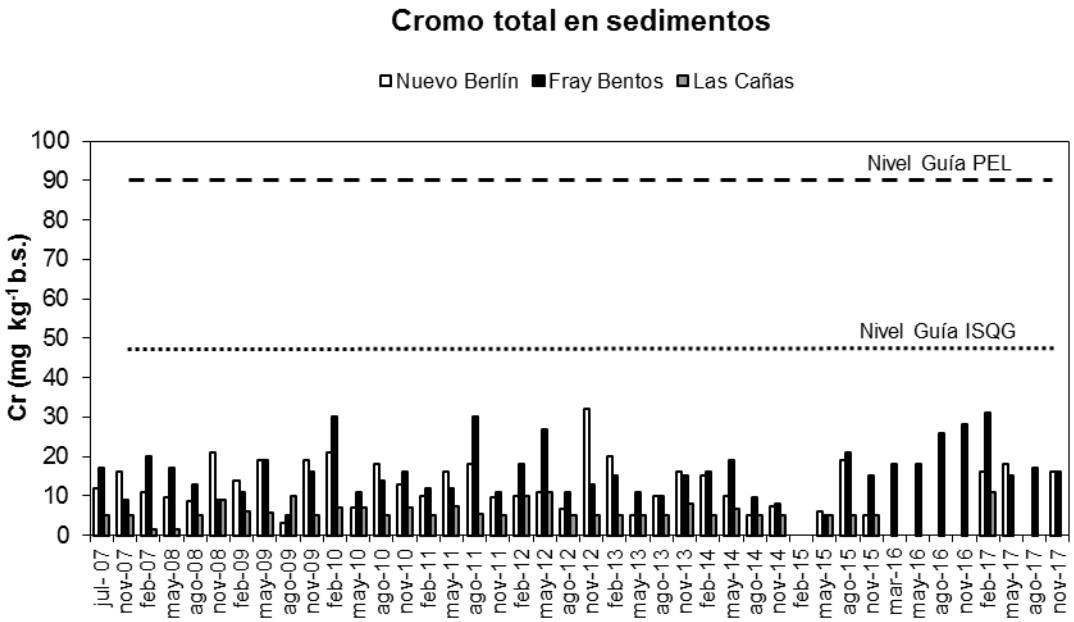

Figura 4.2.10. Cromo en sedimentos (mg kg-1 b.s) en los litorales de Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas durante agosto 2007 – noviembre 2017. LD: límite de detección promedio. PEL: Nivel de efecto probable. ISQG: nivel guía canadiense provisorio para calidad de sedimentos.

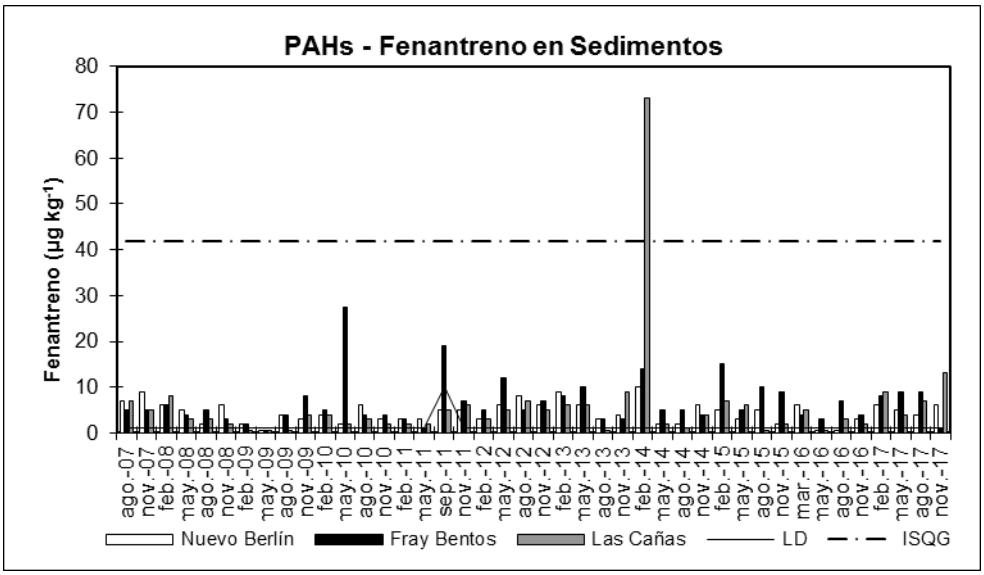

Figura 4.2.11. PAHs (Fenantreno) en sedimentos (mg kg -1b.s.) en los litorales de Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas durante agosto 2007 – noviembre 2017. LD: límite de detección promedio. ISQG: nivel guía canadiense provisorio para calidad de sedimentos.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Tabla 4.2.4. PCDD/PCDFs Toxicidad Total Equivalente (OMS) ng WHO-TEQ/kg b.s. en los sedimentos litorales en Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas durante agosto 2007 – noviembre 2017.

PCDD/PCDFs TOXICIDAD TOTAL EQUIVALENTE (OMS) ng·WHO-TEQ/kg b.s.						
Fecha	**Nuevo Berlín**		**Fray Bentos**		**Las Cañas**	
	ND = 0	ND = LD	ND = 0	ND = LD	ND = 0	ND = LD
ago-07	0,008	1,06	0,003	1,06	0,000	1,06
nov-07	0,004	1,06	0,001	1,06	0,001	1,06
feb-08	0,009	1,06	0,002	1,06	0,002	1,06
may-08	0,000	1,06	0,011	1,06	0,000	1,06
ago-08	0,000	1,06	0,000	1,06	0,000	1,06
nov-08	0,001	1,06	0,000	1,06	0,000	1,06
feb-09	0,034	1,10	0,014	1,10	0,000	1,06
may-09	0,000	1,10	0,000	1,10	0,000	1,10
ago-09	0,830	1,40	0,430	1,30	0,000	1,10
nov-09	0,000	1,10	1,200	1,90	0,000	1,10
feb-10	0,012	1,10	0,720	1,20	0,000	1,10
may-10	0,000	1,10	0,000	1,10	0,000	1,10
ago-10	0,250	1,10	0,020	1,07	0,020	1,06
nov-10	0,140	1,14	0,110	1,11	0,000	1,06
feb-11	0,000	1,06	0,033	1,08	0,000	1,06
may-11	0,000	1,06	0,011	1,06	0,000	1,06
sep-11	0,008	1,06	0,010	1,06	0,027	1,06
nov-11	0,008	1,10	0,017	1,10	0,000	1,10
feb-12	0,000	1,06	0,100	1,10	0,100	1,10
may-12	0,000	1,06	0,015	1,06	0,028	1,08
sep-12	0,010	1,06	0,010	1,06	0,000	1,06
nov-12	0,001	1,06	0,013	1,06	0,000	1,06
feb-13	0,000	1,06	0,001	1,06	0,000	1,06
may-13	0,000	1,06	0,001	1,06	0,000	0,40
ago-13	0,010	1,06	0,010	1,06	0,000	1,06
nov-13	0,010	1,06	0,010	1,06	0,000	1,06
feb-14	0,000	1,06	0,001	1,06	0,000	1,06
may-14	0,000	1,06	0,009	1,06	0,000	1,06
ago-14	0,001	1,06	0,064	1,11	0,000	1,06
nov-14	0,001	1,06	0,001	1,06	0,000	1,06
feb-15	0,000	1,06	0,000	1,06	0,000	1,06
may-15	0,000	1,06	0,057	1,09	0,190	1,13
ago-15	0,000	1,06	0,000	1,06	0,000	1,06
nov-15	0,000	1,06	0,000	1,06	0,000	1,06
mar-16	0,000	0,99	0,003	0,99	0,006	0,99
may-16	0,000	0,99	0,000	0,99	0,000	0,99
ago-16	0,000	0,99	0,047	1,02	0,000	0,99
nov-16	0,001	0,99	0,022	1,01	0,000	0,99
feb-17	0,000	0,99	0,000	0,33	0,000	0,99
may-17	0,000	0,99	0,000	0,99	0,000	0,99
ago-17	0,000	0,99	0,000	0,99	0,001	0,99
nov-17	0,000	0,99	0,030	1,01	0,000	0,99

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

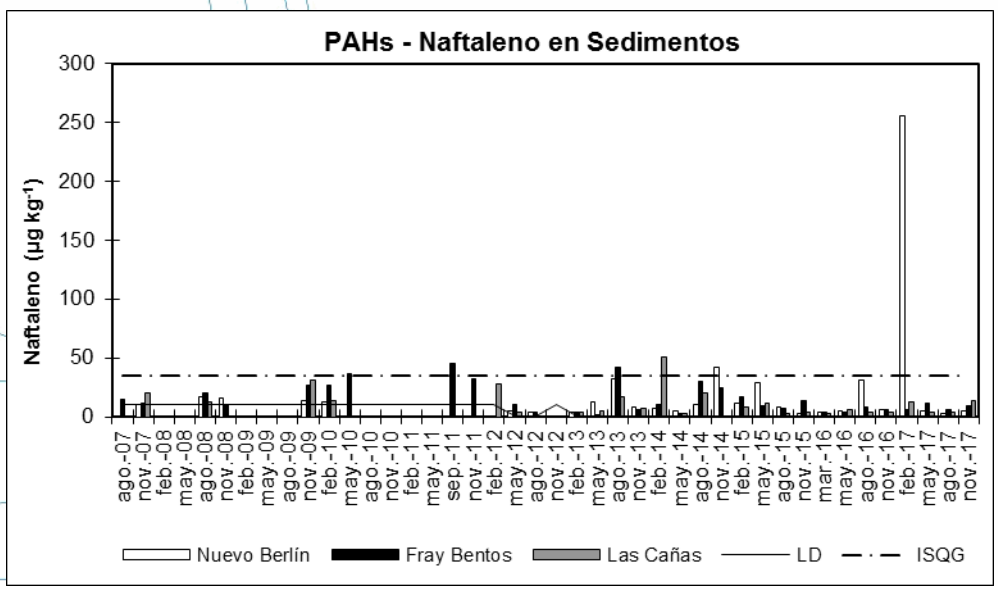

Figura 4.2.12. PAHs (Naftaleno) en sedimentos (mg kg -1b.s.) en los litorales de Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas durante agosto 2007 – noviembre 2017. LD: límite de detección promedio. ISQG: nivel guía canadiense provisorio para calidad de sedimentos.

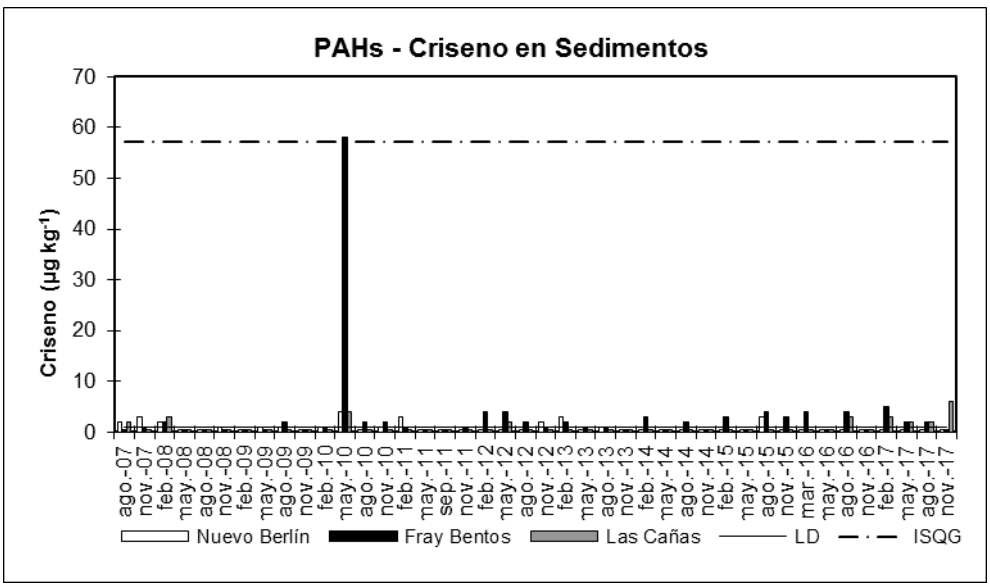

Figura 4.2.13. PAHs (Criseno) en sedimentos (mg kg -1b.s.) en los litorales de Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas durante agosto 2007 – noviembre 2017. LD: límite de detección promedio. ISQG: nivel guía canadiense provisorio para calidad de sedimentos.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

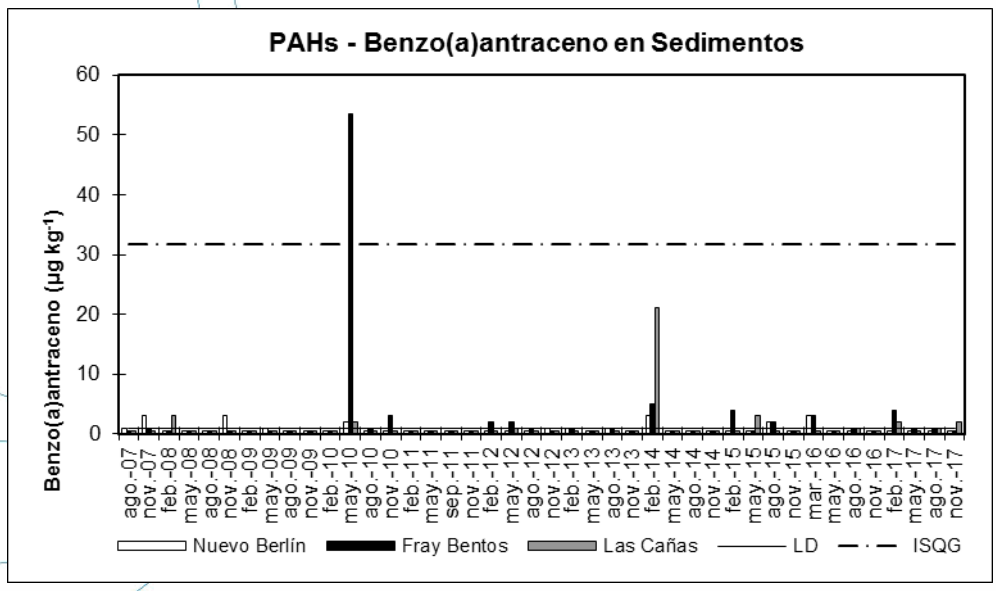

Figura 4.2.14. PAHs (Benzo(a) antraceno) en sedimentos (mg kg -1b.s.) en los litorales de Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas durante agosto 2007 – noviembre 2017. LD: límite de detección promedio. ISQG: nivel guía canadiense provisorio para calidad de sedimentos.

4.2.4 Bioacumulación de EOX en bivalvos

En los muestreos del año 2017 no se pudieron obtener organismos de bivalvos en ningún punto debido a las condiciones hidrológicas del río.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

4.1 Análisis biológicos: FITOPLANCTON

La comunidad fitoplanctónica del bajo Río Uruguay en el período 2017 estuvo compuesta por 116 taxa distribuídos en 8 Clases: Cianobacterias 16, Chlorophyceae 26, Bacillariophyceae 38, Chrysophyceae 2, Cryptophyceae 5, Dinophyceae 7, Euglenophyceae 20, 1 Raphidophycae y un flagelado sin determinar. La riqueza de especies en cada sitio se muestra en la Tabla 4.3.1. El número de taxa fue mayor en primavera con 48 especies en NB y menor en otoño (mayo LC, 21 especies).

Se registraron doce especies nuevas por primera vez en el monitoreo, las que se señalan con asterisco en la Tabla 4.3.1, de las cuales siete fueron en primavera. Se destaca la presencia de especies de cianobacterias conocidas como productoras de toxinas: *Cylindrospermopsis raciborskii* y *Cuspidiothrix* sp., más allá de las más comunes del género *Dolichospermum y Microcystis.* Otras especies de cianobacterias, *Dolichospermum vigueri* y *Jaaginema sp.,* siguen registrándose en invierno.

Tabla 4.3.1. Presencia de especies fitoplanctónicos en cada zona de muestreo durante marzo- noviembre 2017.

	feb-17			may-17			ago-17			nov-17		
CYANOPHYCEAE	**NB**	**FB**	**LC**	**NB**	**FB**	**LC**	**NB**	**FB**	**LC**	**NB**	**FB**	**LC**
Cylindrospermopsis raciborskii	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuspidiothrix sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Dolichospermum circinale	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Dolichospermum uruguayense	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Dolichospermum viguieri	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Jaaginema sp.	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Komvophoron crassum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lyngbya sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Microcystis aeruginosa	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Microcystis wesenbergii	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planktothrix sp.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Pseudanabaena catenata	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raphidiopsis sp.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Pseudanabaena sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
**Phormidium cf. ornatum*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Raphidiopsis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
CHLOROPHYCEAE												
Ankistrodesmus fusiformis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
**Comasiella arcuata var. platydisca*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Actinastrum hantzschii	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlamydomonas sp. 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlamydomonas cf. *duplex*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Closterium acutum	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
Closterium cf. *cornu*	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
**Closterium* cf. *kuetzingii*	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Continuación Tabla 4.3.1

Closterium aciculare	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Closterium cf. *moniliferum*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
**Cosmarium sp.*	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Coelastrum microporum	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crucigeniella crucifera	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desmodesmus quadricauda	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Monoraphidium arcuatum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Monoraphidium gracile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Monoraphidium contortum	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monoraphidium griffithii	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Monoraphidium flexuosum	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
Monoraphidium cf. *irregulare*	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
**Desmodesmus protuberans*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
**Oocystis elliptica*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Pediastrum duplex	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Scenedesmus ovalternus	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Tetraedron minutum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Tetraselmis cordiformis	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRYSOPHYCEAE												
Kephyrion sp.	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Sinura sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRYPTOPHYCEAE												
Campylomonas rostratiformis	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
Cryptomonas marssonii	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cryptomonas ovata	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Cryptomonas reflexa	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Plagioselmis cf. *lacustris*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BACILLARIOPHYCEAE												
Aulacoseira cf. *muzzanensis*	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
Aulacoseira granulata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aulacoseira granulata var. angustissima	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
Aulacoseira herzogii	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aulacoseira cf. *italica*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Cyclotella meneghiniana	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Céntrica sp. ±10µm	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Céntrica sp. ±15µm	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Fragilaria acus	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
Fragilaria goulardii	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Gyrosigma sp. 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Melosira varians	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Fragilaria sp.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Gomphonema cf. parvulum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Gomphonema sp. 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Continuación Tabla 4.3.1

Cocconeis cf. *placentula*	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Encyonema sp.1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
**Hantzschia abundans*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hantzschia sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Hydrosera whampoensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Navicula cf. *capitatoradiata*	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula kuseliana	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
Navicula sp.1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Nitzschia fruticosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Nitzschia palea	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
Nitzschia sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Nitzschia sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pinnularia sp. 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pinnularia microstauron	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Pennada sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Pennada sp. 4	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
Sellaphora sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Surirella apiculata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Skeletonema potamos	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
**Tabularia* sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
**Terpsinoe musica*	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Ulnaria ulna	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
Thalassiosira sp.	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
DINOPHYCEAE												
Ceratium cf. *furcoides*	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
**Ceratium* cf. *rhomvoides*	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
Durinskia baltica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Dinoflagelato tecado 15µ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Peridinium sp.	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Gymnodinium sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratium cf. *furcoides*	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
EUGLENOPHYCEAE												
Euglena cf. *gaumei*	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Euglena cf. *sanguinea*	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
Euglena sp. 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepocinclis acus	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Lepocinclis caudata	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Lepocinclis oxyuris	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**Phacus acuminatus* var. *acuticauda*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Strombomona cf. *fluviatilis*	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Strombomona girardiana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strombomona scabra	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
**Trachelomonas hispida punctata*	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Continuación Tabla 4.3.1

Trachelomona lacustris	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Trachelomona cf. *raciborskii*	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Trachelomona planctonica	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Trachelomona rugulosa	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Trachelomona sculpta	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
Trachelomona volvocina	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1
Trachelomonas cf. *oblonga*	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1
Trachelomona volvocinopsis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Trachelomona volvocina	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
RAPHIDOPHYCEAE												
Gonystomum semen	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sin determinar												
Flagelado s/d	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Nº de taxa	39	44	39	22	31	21	35	27	29	48	37	36

Monoraphidium arcuatum, Aulacoseira granulata, A. g. var *angustissima, A. muzzanensis, las cryptomonas* y *Trachelomonas rugulosa,* son especies que siempre están presentes en el fitoplancton.

La densidad total de los organismos fitoplanctónicos fue mínima en otoño, 28 cel ml^{-1} y máxima en verano 6533 cel ml^{-1} (LC). La biomasa varió entre 0,5 a 110 ngC ml^{-1} (LC otoño-verano). En verano la alta densidad corresponde a cianobacterias pero en biomasa toma importancia el grupo "otros" integrado por dinoflagelados y euglenoideos, especies de mayor tamaño como *Ceratium* y *Trachelomonas,* las que aportaron a la biomasa total. El resto del año la densidad y biomasa total permaneció baja, no superando las 290 cel ml^{-1} y 14 ngC ml^{-1}.

Para testear diferencias espaciales (entre los sitios y zonas) y temporales (entre meses) se realizó un análisis de similaridad ANOSIM, tomando la densidad y biomasa de los grupos taxonómicos como variables. El análisis mostró que no existen diferencias entre los sitios (NB, FB, LC) ni entre las zonas (litoral, central y canal), pero si mostró una marcada estacionalidad a lo largo del año (Tabla 4.3.2).

Tabla 4.3.2. Resultados del análisis de similaridad ANOSIM en cada mes, por sitio y zonas durante el período de estudio. Sitios: Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas. Zonas: litoral, centro y canal.

		RGlobal	p	Significancia
densidad	Sitios	-0,211	1,00	No significativa
	Zonas	-0,188	0,99	No significativa
	meses	0,814	0,01	Signifcativo
biomasa	Sitios	-0,199	1,00	No significativa
	Zonas	-0,172	0,99	No significativa
	meses	0,714	0,01	Significativa

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

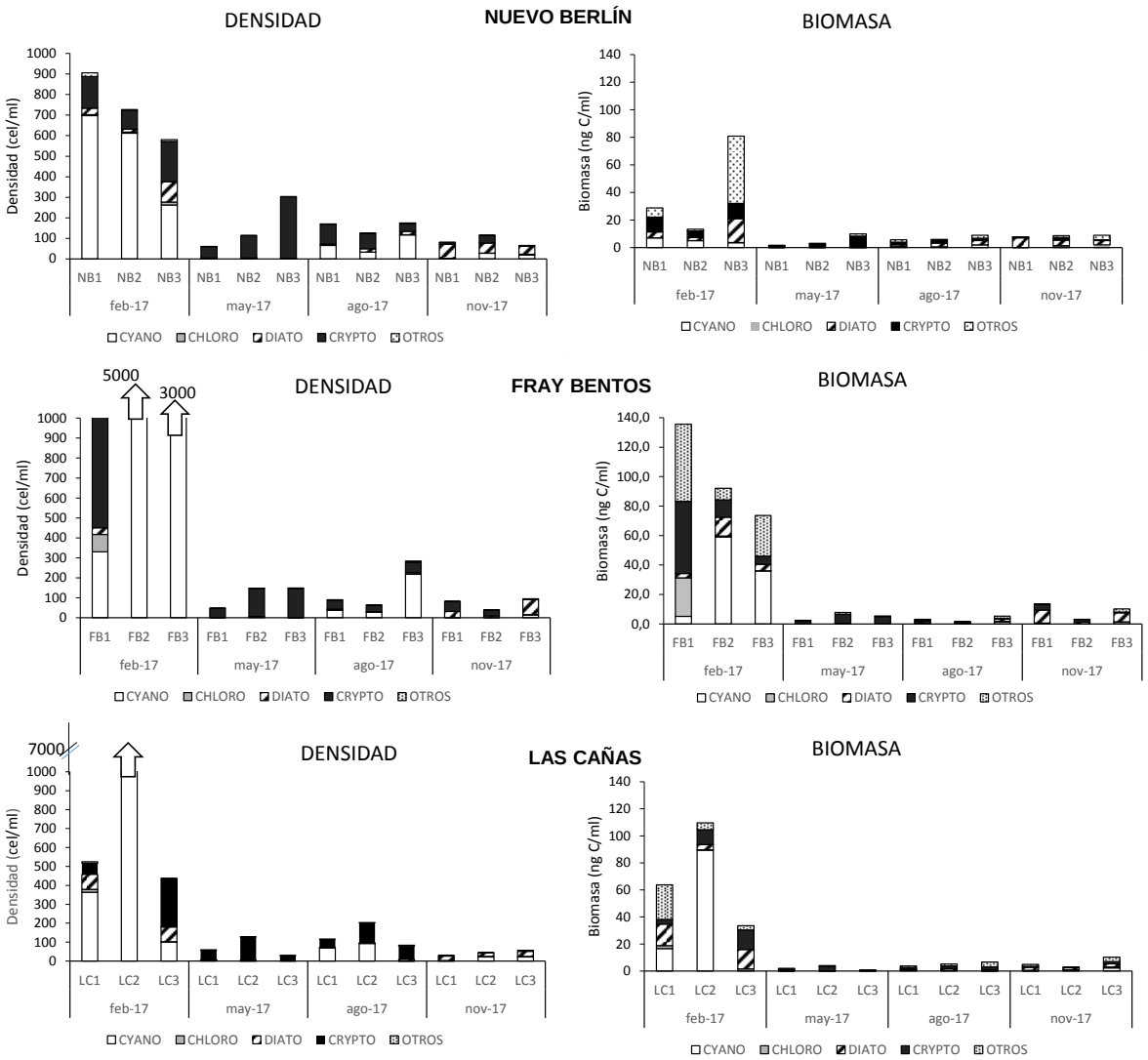

Figura 4.3.1. Densidad y biomasa total de fitoplancton en las tres zonas de estudio durante febrero - noviembre 2017 para cada fecha de muestreo (m^3 s^{-1}). Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC). 1 litoral, 2 central, 3 canal.

La correlación entre la matriz de grupos de fitoplancton y la ambiental mostró que existe una correlación positiva con la temperatura, la turbiedad, el disco de Secchi, el caudal y el nitrato (Rho= 0,728), tanto con la matriz de densidad como de biomasa, según el análisis de BIOENV.

Los índices de diversidad fluctuaron en los tres sitios en forma similar. Según el análisis de similaridad con la matriz de tributos comunitarios no existió diferencia significativa entre los sitios (NB, FB y LC), ni zonas (R= -0,204 y R= -0,175-; p =0,99). Este año, se observó la riqueza fue menor en mayo pero la diversidad y equitatividad fueron mayores en comparación con los otros meses del año, mes donde se registró el máximo caudal en todo el monitoreo (55740 m^3/s). En contraste, la alta densidad en el verano cuando dominan las cianobacterias se refleja en bajas de diversidad y equitatividad. En primavera se registró un alto número de taxa y poco abundantes por lo que la riqueza fue la máxima del periodo 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

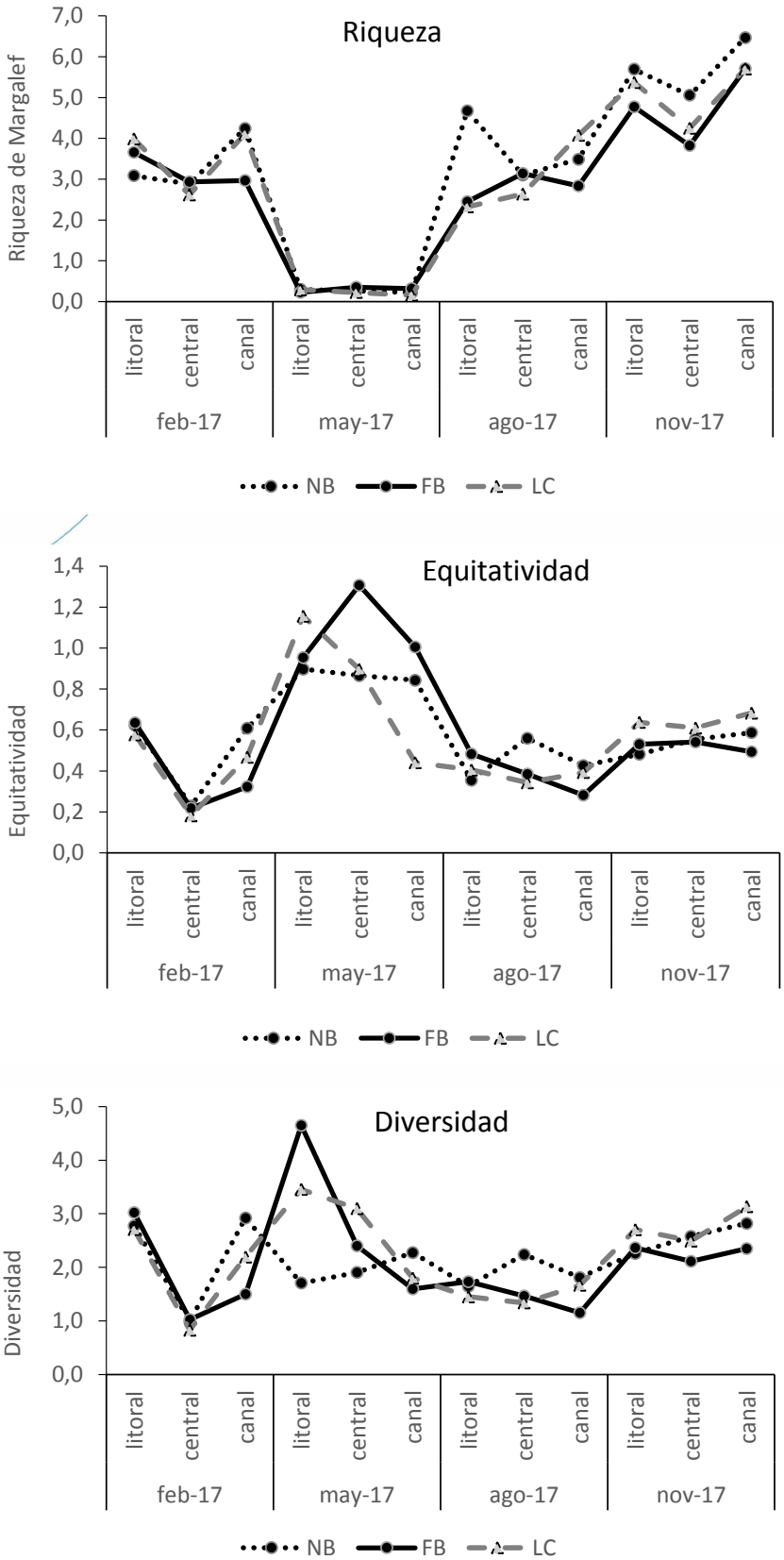

Figura 4.3.3. Índices de diversidad: Diversidad de Shannon-Wiener (bit ind^{-1}), Riqueza de Margalef y equitatividad de fitoplancton, durante febrero – noviembre 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Variación temporal invierno 2006 – primavera 2016.

Las variaciones de densidad y biomasa fitoplanctónica durante estos once años (2006- 2017) presentaron en general patrones estacionales en los tres sitios, donde se producen picos de abundancia del fitoplancton en verano y algunos años también en primavera. La densidad total de fitoplancton registrada en cada sitio durante todo el monitoreo fue máxima en verano 2015, 90.280 cel.ml^{-1} LC litoral, 22.578 cél.ml^{-1} en NB central y 8757 cél.ml^{-1} en FB litoral (Nov 2010) debido al aumento de Cianobacterias.

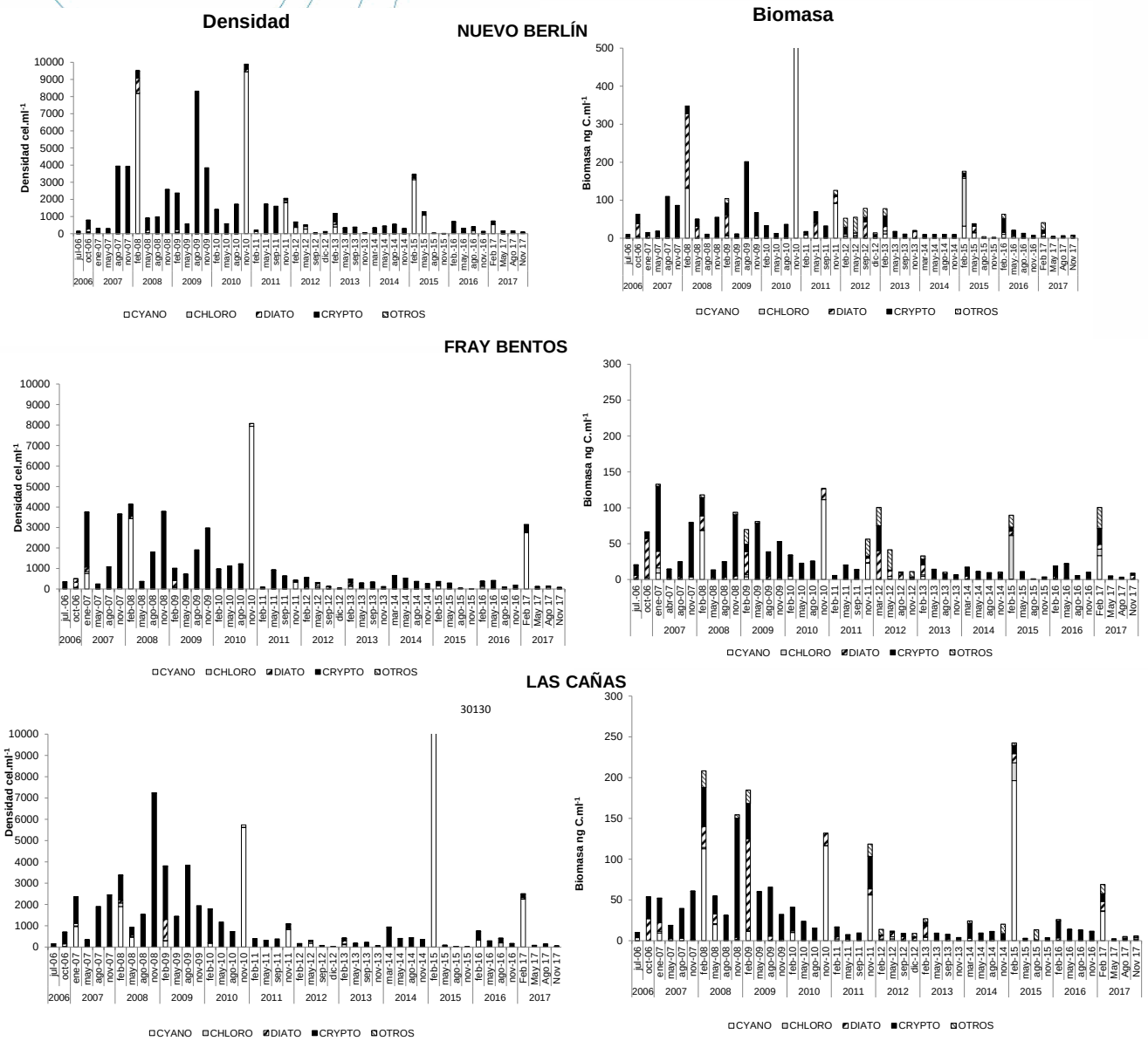

Figura 4.3.4. Promedios mensuales de la densidad (cel ml^{-1}) y biomasa fitoplanctónica (ngCml^{-1}), por grupo: Cianobacterias (CYANO), Chlorophyceae (CHLORO), Bacillariophyceae (DIATO), Cryptophyceae (CRYPTO) y OTROS (Euglenoideos, dinoflagelados, Crysophyceae) para cada mes entre agosto 2006 y noviembre 2016. Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

En la figura 4.3.4 se presenta la variación de los grupos del fitoplancton. Se observó una disminución de la densidad y biomasa desde 2012 con respecto a los años anteriores, los tres siguientes años (2012-14) la comunidad estuvo dominadas por cryptomonas y la densidad máxima no superó los 2000 cel ml^{-1} (verano 2013). En el año 2015 se observó la máxima densidad de 90.280 cél ml^{-1} (LC1) del todo el período. En este último año, 2017, se destaca un aumento de la biomasa del grupo "otros" por la presencia de varias especies de dinoflagelados y euglenoideos.

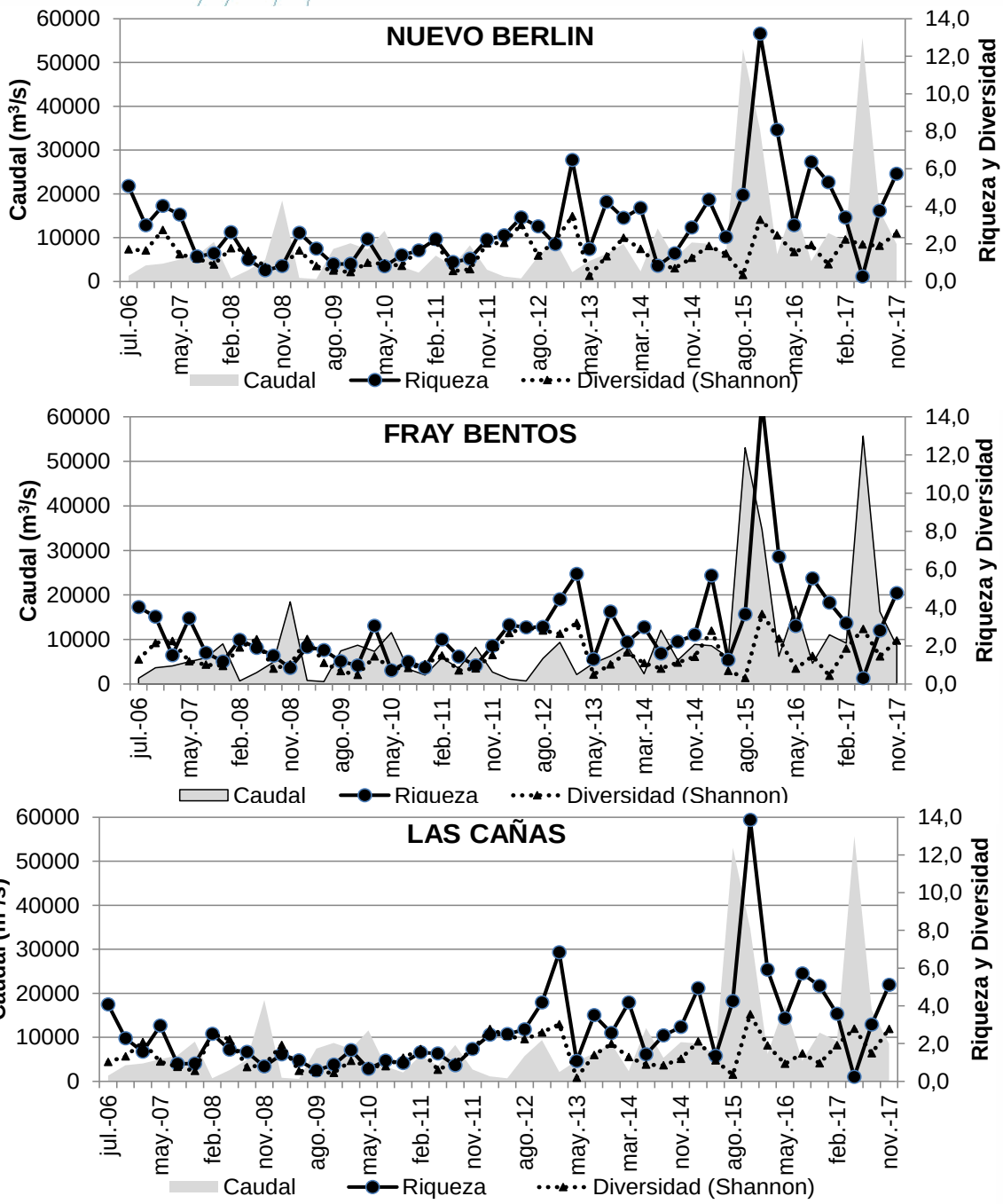

Figura 4.3.5. Promedios mensuales de la riqueza y diversidad de fitoplancton para los sitios NB, FB y LC durante julio 2006 – noviembre 2017 en relación con el promedio mensual del caudal ($m^3.s^{-1}$).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

La riqueza de especies y la diversidad de Shannon mostraron las fluctuaciones ya observadas respecto al caudal. En los tres sitios presenta variaciones similares. El pico de riqueza de noviembre de 2015, primavera, se da cuando el valor de la abundancia (11 cel/ml NB) es menor respecto al número de taxa (34). En mayo 2017 se registró el pico de caudal y se registraron los menores valores de riqueza y diversidad (0.3 bit/ml y 2 bits respectivamente). Los bajos número de taxa (<10) coinciden con valores de caudal elevados. Mientras que con caudales <2000 se corresponden con mayores cantidades de especies. El aumento de la temperatura en las estaciones de primavera y verano tiene efecto en el incremento de la riqueza en los meses de primavera y verano (feb-2013, feb-2015, feb 2016) y en este último año, primavera 2017, con valores de 9.000 $m^3.s^{-1}$ se observó un aumento considerable de la riqueza (6 $bit.ind^{-1}$), figuras 3.4.5 y 3.4.6.

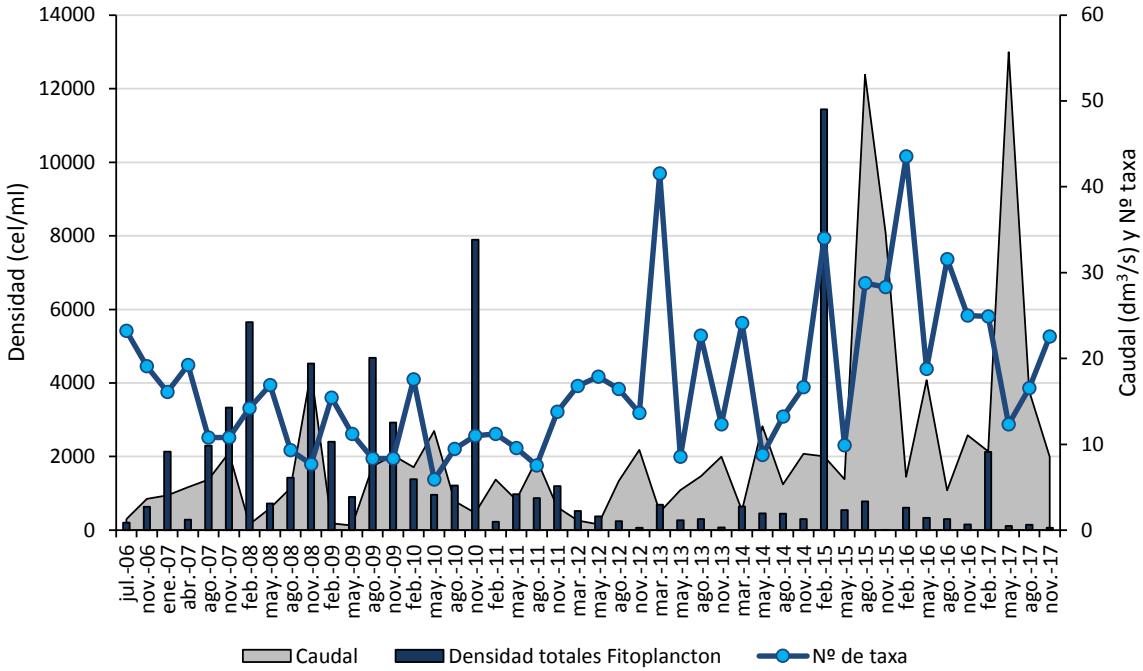

Figura 4.3.6. Promedios mensuales de densidad total del fitoplancton, el número de taxa durante julio 2006 – noviembre 2017 en relación con el promedio mensual del caudal ($m^3/1000.s^{-1}$).

En la comparación entre los resultados del monitoreo con los de línea de base, al igual que los reportes anteriores, la densidad promedio del fitoplancton fue mayor después que antes de 2007 en Nuevo Berlín, mientras que en Fray Bentos y Las Cañas presentaron menores promedios de densidad en el período post funcionamiento. La biomasa total de fitoplancton mostró un aumento del promedio en Nuevo Berlín y Las Cañas mientras que en Fray Bentos presentó menor promedio de biomasa el período post-operacional, Figura 4.3.7. Los análisis de varianza (ANOVAs) mostraron que no hay diferencias estadísticas significativas en la densidad de organismos ni en la biomasa entre los sitios (NB, FB y LC), ni en la interacción de los factores (sitio x tiempo) según el post-hoc test desigual.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

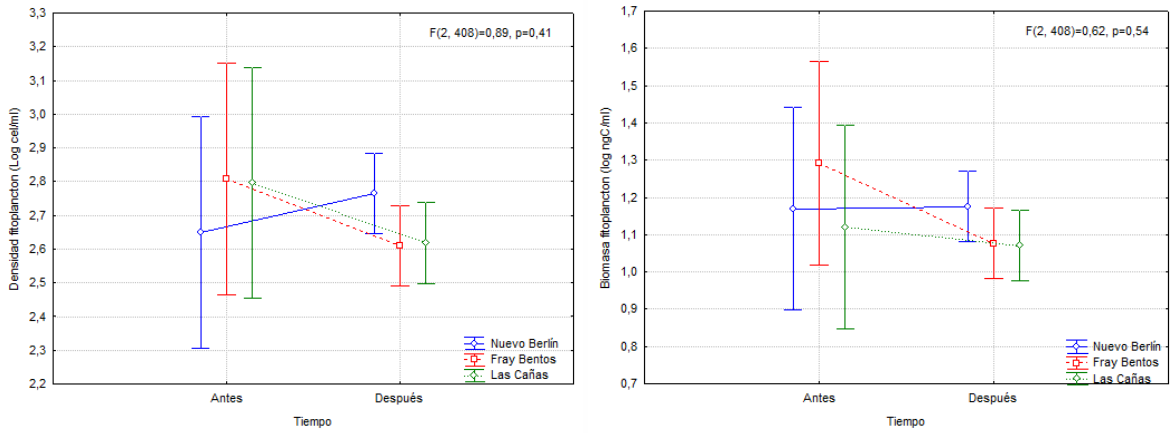

Figura 4.3.7. Análisis de varianza ANOVA para la densidad y la biomasa de fitoplancton total (log), en los tres sitios: Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas, antes y después de la puesta en funcionamiento de la planta.

La misma comparación con la riqueza de especies fitoplanctónicas mostró que los promedios fueron menores en el período post funcionamiento, este patrón se observó en los tres sitios por igual, por tanto la riqueza no fue significativa (p=0,05) antes y después de Noviembre 2007. Sin embargo, los promedios en diversidad de Shannon en fitoplancton mostraron que FB y LC fueron mayores, se observó un aumento de los promedios, mientras que en NB se mantuvo dentro de los valores esperados Figura 4.3.8. En el estudio comparativo 2006-2011 (Tana et al. 2013) y el reporte del año 2013 y 2014 (LATU 2014 y 2015), presentaron la misma tendencia.

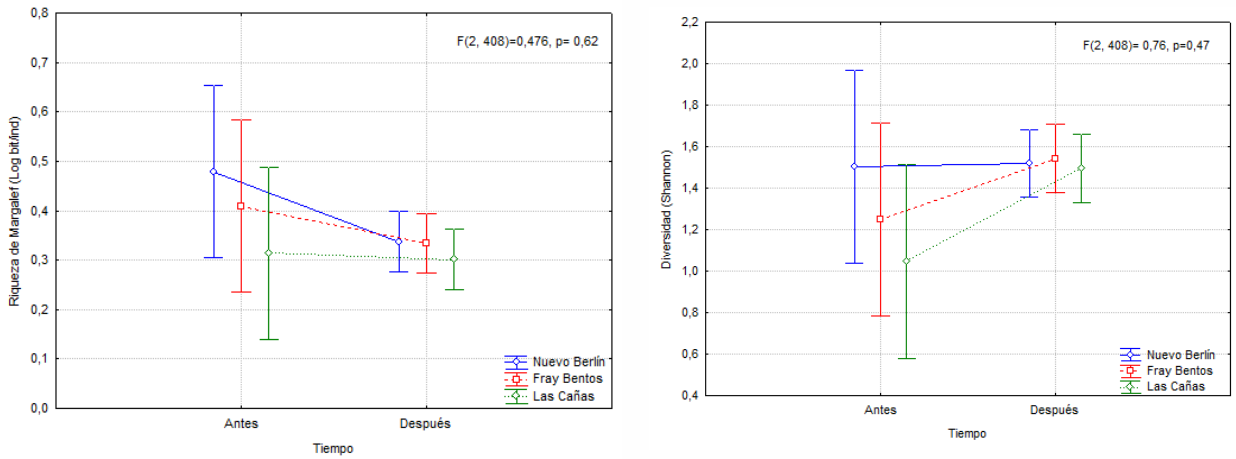

Figura 4.3.8. Análisis de varianza ANOVA para la riqueza de especies del fitoplancton y la diversidad de Shannon en los tres sitios: Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas, antes y después de la puesta en funcionamiento de la planta.

Por tanto, según los análisis de varianza para analizar las posibles diferencias estadísticas utilizando diferentes descriptores comunitarios del fitoplancton se observa que no existen diferencias significativas antes y después de la actividad entre los sitios control o de referencia con el sitio cercano al efluente de la planta.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

4.4. Análisis biológicos: ZOOPLANCTON

Durante los muestreos del año 2017 se encontraron 10 taxa más que el año anterior, sumando un total de 42 taxa, número similar a los años anteriores (LATU 2016, 2015, 2014, 2012, 2011, 2009, 2008, 2007). El máximo de taxa registrado hasta la fecha fue 61 en el año 2012 (LATU 2013). Se presentó un aumento del número de taxa de Rotíferos (25), seguido de 7 de Copépodos, 9 de Cladóceros y 1 de Meroplancton (larvas de bivalvo) (Tabla 4.4.1). El predominio de taxa de los Rotíferos coincide con el patrón observado los períodos de estudio anteriores en el Río Uruguay y en otros ríos de la región (CELA 2006, LATU 2007, 2009, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016) por su adaptación a las condiciones turbulentas del río (Rzóska 1976, Pourriot *et al*. 1982, Gulyas 2002, Lanzac Tôha *et al.* 2004, Reynolds 2000).

Los taxa dominantes de crustáceos fueron los estadíos menores de Copépodos (nauplios y copepoditos) y *Acanthocyclops robustus,* las especies de cladóceros *Bosmina longirostris y Bosminopsis deitersi y los Rotíferos Keratella cochlearis, Keratella tropica y Polyarthra vulgaris.*

Durante el año 2017, por primera vez desde el inicio del presente monitoreo se encontraron larvas de *Limnoperna fortunei* en el muestreo de invierno y se destaca su ausencia en el muestreo de mayo (LATU 2016, 2015, 2013, 2012, 2011, 2009, 2008, 2007) (Figura 4.4.1 y Tabla 4.4.1).

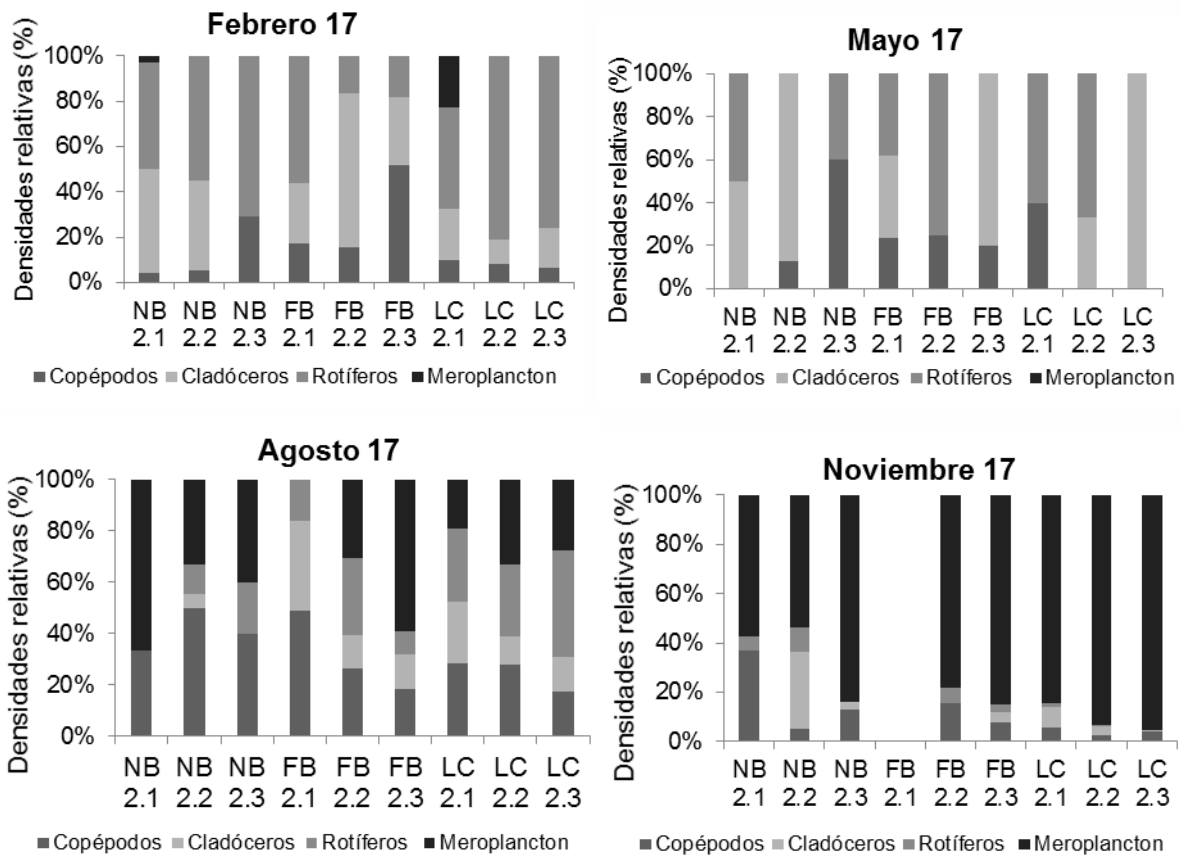

Figura 4.4.1. Densidades relativas (%) de los grupos del zooplancton en el año 2017 en Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Tabla 4.4.1. Listado de taxa encontrados en cada zona de muestreo (NB: Nuevo Berlín, FB: Fray Bentos y LC: Las Cañas) durante el período de estudio (febrero – noviembre 2017).

	Febrero-17			Mayo-17			Agosto-17			Noviembre-17		
	NB	FB	LC	NB	FB	LC	NB	FB	LC	NB	FB	LC
Copépodos												
Acanthocyclops robustus		*	*		*			*			*	*
Eucyclops sp.												
Metacyclops sp.				*								
Notodiaptomus incompositus			*	*				*		*	*	*
Copepodito Calanoida	*	*						*	*	*	*	*
Copepodito Cyclopoida	*	*	*				*	*	*		*	
Nauplio	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*
Cladóceros												
Bosmina hagmanni		*	*				*	*	*			*
Bosmina huaronensis			*									*
Bosmina longirostris	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	
Bosmina sp.												
Bosminopsis deitersi	*	*	*	*	*				*	*		*
Ceriodaphnia dubia												
Ceriodaphnia sp.	*											
Chydorus sp.						*			*			
Diaphanosoma sp.		*										
Rotíferos												
Ascomorpha sp.									*			
Asplachna sp.											*	
Brachionus caudatus			*								*	
Brachionus havanensis	*	*										
Brachionus quadridentatus	*	*										
Conochilus sp.									*			
Euchlanis sp.	*			*					*			
Filinia longiseta	*		*									
Filinia terminalis	*											
Hexarthra sp.	*	*								*		
Kellicotia sp.					*							
Keratella cochlearis sp.						*	*	*	*			
Keratella cochlearis cochlearis	*	*	*	*	*	*					*	
Keratella tropica	*		*					*	*			*
Lecane sp.	*	*							*			
Lecane luna	*		*									
Lecane tenuistea												
Lepadella sp.	*											*
Plationus patulus	*											
Platyias quadricornis	*			*								
Ploesoma truncatum	*								*	*		
Polyarthra remata												
Polyarthra vulgaris	*		*	*	*			*				
Synchaeta sp.		*		*			*			*		
Trichocerca sp.	*								*			*
Meroplancton												
Larvas *Limnoperna fortunei*	*		*				*	*	*	*	*	*

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

La mayor abundancia de organismos fue 15,50 org l^{-1} en la zona de Las Cañas canal durante noviembre, debido a la alta abundancia presente de larvas de *Limnoperna fortunei* (14,80 org l^{-1}). A diferencia de muestreos anteriores el muestreo con menores abundancias fue mayo, en los cuales todos los puntos presentaron densidades menores a 0,53 org l^{-1} (Figuras 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4).

Este patrón temporal estacional, con mayores abundancias en meses más cálidos, se demuestra debido a que la temperatura vuelve a ser el principal factor abiótico regulador de la abundancia de la comunidad de zooplancton (BIOENV: r=0,56). Además de que el patrón estacional es típico de la comunidad planctónica en los ríos de la región (Frutos 1998, 2004) también estaría asociado a la regulación por la temperatura del ciclo reproductivo de *Limnoperna fortunei* (Darrigran 2002). Cuando está presente, este organismo es el principal componente en abundancia de la comunidad, con ausencia de larvas en los muestreos más fríos y máximos en noviembre y febrero. En el año 2017 se destaca la presencia de larvas de bivalvo en el muestreo de invierno y su ausencia en el de mayo. En ambos muestreos se presentaron temperaturas del agua muy similares, entre 15,7 y 16,2ºC.

Otros factores ambientales reguladores de la abundancia del zooplancton durante el año 2017 fueron el caudal y otros parámetros asociados como la transparencia del agua, turbiedad y nitrato (BIOENV: r=0,55). En el año 2017 se presentó el valor de caudal máximo del monitoreo (56070 m^3/s en mayo), lo cual podría explicar la ausencia de larvas en dicho muestreo.

La biomasa fue menor a 1 µg l^{-1} en mayo y agosto, mientras que el valor máximo fue mayor a los de años anteriores: 20,3 µg l^{-1} en noviembre en Las Cañas canal (Figuras 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4). Al igual que en muestreos anteriores los valores altos de biomasa concuerdan con los máximos de larvas de mejillón dorado, organismo meroplanctónico con estadios larvales planctónicos y posterior asentamiento bentónico. Es una especie de molusco exótico (conocido como “mejillón dorado”) de China (Darrigran 2002) introducida accidentalmente en la región por medio de las aguas de lastre (Darrigran & Pastorino 1995). Además, es una especie invasora (Boltovskoy & Cataldo 1999, Cataldo & Boltovskoy 2000, Darrigran & Ezcurra de Drago 2000, Ituarte 2000, Darrigran & Damborenea 2006) con comportamiento gregario por lo que ocasiona problemas de macrofouling y obstrucción de filtros y tuberías (Darrigran 2002, Boltovskoy *et al.* 2006, Brugnoli *et al.* 2006, 2007, Karataev *et al.* 2007).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

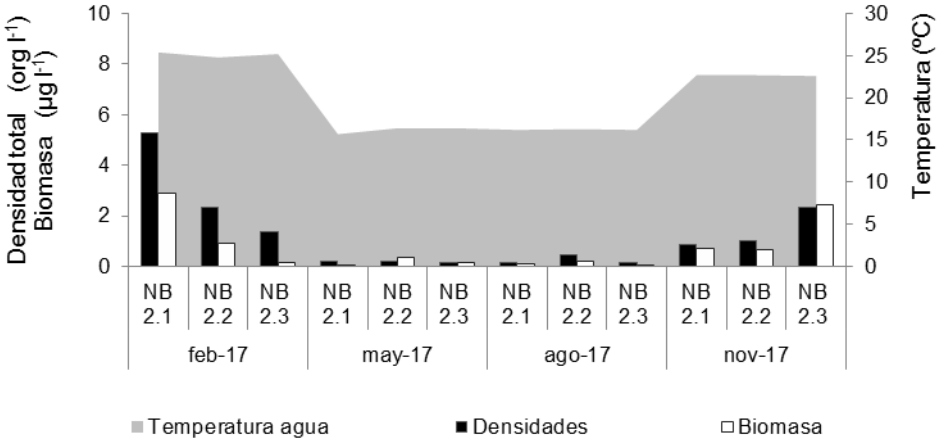

Figura 4.4.2. Densidades (org l^{-1}), biomasas (µg l^{-1}) de organismos zooplanctónicos en Nuevo Berlín (NB) y temperatura (ºC) del río a lo largo del período de estudio.

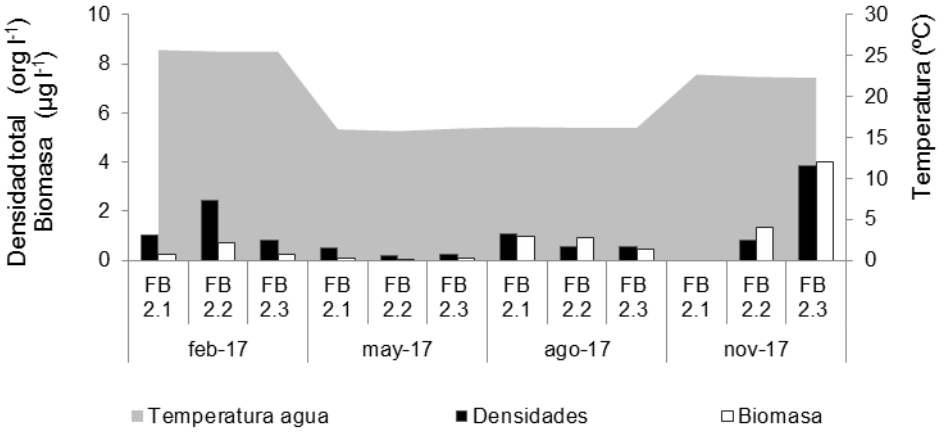

Figura 4.4.3. Densidades (org l^{-1}), biomasas (µg l^{-1}) de organismos zooplanctónicos en Fray Bentos (FB) y temperatura (ºC) del río a lo largo del período de estudio.

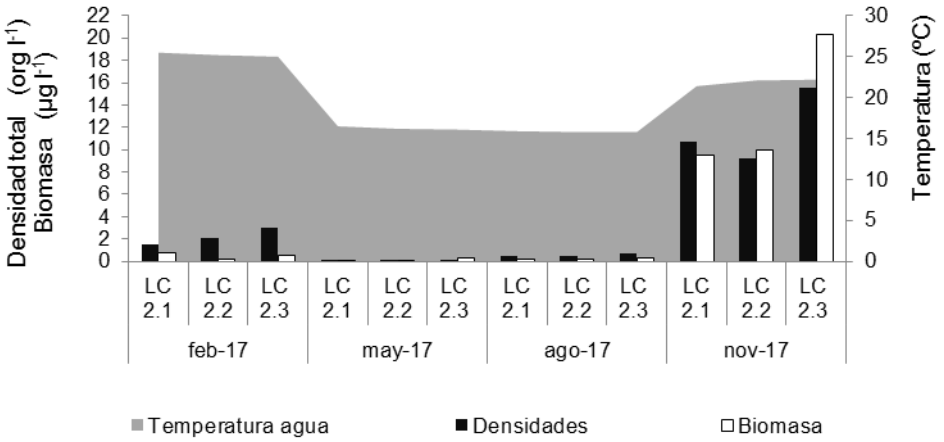

Figura 4.4.4. Densidades (org l^{-1}), biomasas (µg l^{-1}) de organismos zooplanctónicos en Las Cañas (LC) y temperatura (ºC) del río a lo largo del período de estudio.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

En el año 2017 se destaca el aumento de diversidad en los muestreos de verano e invierno, con un valor máximo de 3,15 bits ind^{-1} en Fray Bentos litoral durante febrero. El mes con mayor riqueza también fue febrero, con un máximo de 14 taxa en Nuevo Berlín litoral y en algunos puntos durante mayo y noviembre se encontraron solo 2 taxa. La equitatividad mínima fue 0,13 bits ind^{-1} (Las Cañas canal en noviembre) debido a la alta abundancia de larvas de bivalvo y baja del holoplancton (Figuras 4.4.8).

Al igual que en años anteriores, se observó un patrón temporal con diferencias significativas entre los muestreos (RGlobal = 0,64, p= 0,001) (CELA 2006, LATU 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016) asociado a los cambios estacionales típicos de la comunidad planctónica de los ríos de la región (Frutos 1998, 2004). A nivel espacial, no se encontraron diferencias significativas entre las densidades presentes en Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas, ni entre los puntos litorales, centrales y canales.

Variación temporal julio 2006 – noviembre 2017

Las abundancias y biomasas del 2017 fueron similares a los últimos dos años, salvo un aumento durante noviembre en Las Cañas debido a una alta abundancia de larvas de bivalvo. Desde el inicio del monitoreo se observa el mismo patrón de variación estacional, con densidades y biomasas máximas en meses cálidos y mínimas en los muestreos de invierno (Figuras 4.4.5, 4.4.6 y 4.4.7) y repetida diferencia significativa entre los muestreos del período 2006 – 2017 (CELA 2006 y LATU 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016).

Hasta la fecha, no se encontraron diferencias significativas espaciales en la comunidad de zooplancton (entre zonas ni sitios de muestreo), ni presencia de larvas de *Limnoperna fortunei* en la mayoría de los muestreos de invierno (LATU 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016). Los parámetros físico químicos con mayor correlación con la densidad de organismos desde el año 2006 hasta el último período de estudio fueron la temperatura, los compuestos nitrogenados y en algunos casos la clorofila. Al igual que en los primeros años de monitoreo, en el año 2017 el caudal y transparencia del agua volvieron a aparecer dentro de los principales factores reguladores de la comunidad, lo cual no se refleja al analizar en período completo 2006 - 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

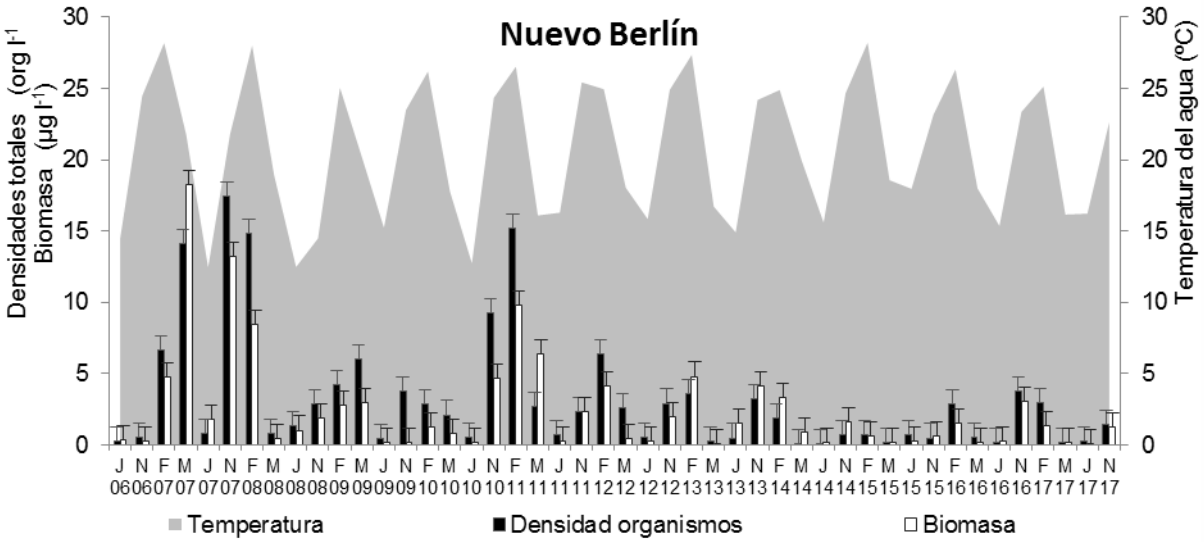

Figura 4.4.5. Densidades (org l^{-1}) y biomasas (µg l^{-1}) de organismos zooplanctónicos promedios de los tres puntos de Nuevo Berlín (NB) y caudales (m^3 s^{-1}) en el período julio 2006- noviembre 2017.

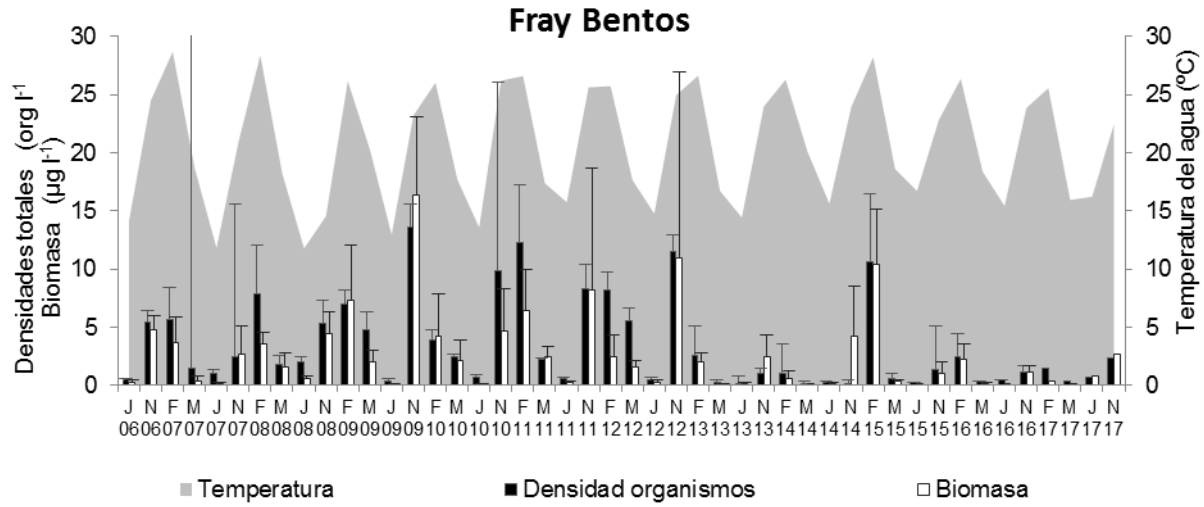

Figura 4.4.6. Densidades (org l^{-1}) y biomasas (µg l^{-1}) de organismos zooplanctónicos promedios de los tres puntos de Fray Bentos (FB) y caudales (m^3 s^{-1}) en el período julio 2006- noviembre 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

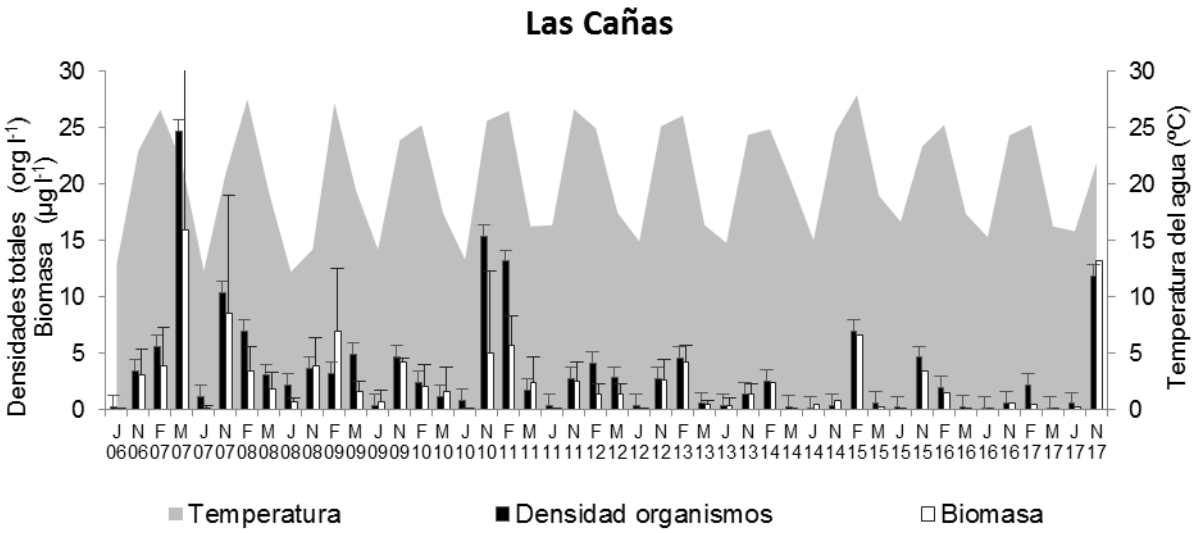

Figura 4.4.7. Densidades (org l^{-1}) y biomasas (µg l^{-1}) de organismos zooplanctónicos promedios de los tres puntos de Las Cañas (LC) y caudales (m^3 s^{-1}) en el período julio 2006 - noviembre 2017.

El valor máximo de diversidad hasta la fecha fue 3,73 bits ind^{-1} en mayo 2012 en Las Cañas central, mientras que la diversidad promedio máxima (3,38 bits ind^{-1}) fue el mismo mes en Fray Bentos coincidiendo con el máximo de riqueza de taxa (27). La medida de la equitatividad refleja la distribución de los taxa en la comunidad, siendo el valor máximo de 1 bits ind^{-1} en mayo y agosto de 2013, debido a que todos los taxa poseen la misma densidad. La equitatividad y diversidad mínima fueron en abril del 2007 debido a la destacada abundancia de larvas de *Limnoperna fortunei* frente a los demás taxa. La riqueza mínima fue de 2 taxa en los muestreos de noviembre 2011, Mayo 2013, Agosto 2015, Febrero 2016, Agosto 2016, Mayo 2017 y agosto 2017 (figuras 4.4.8).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

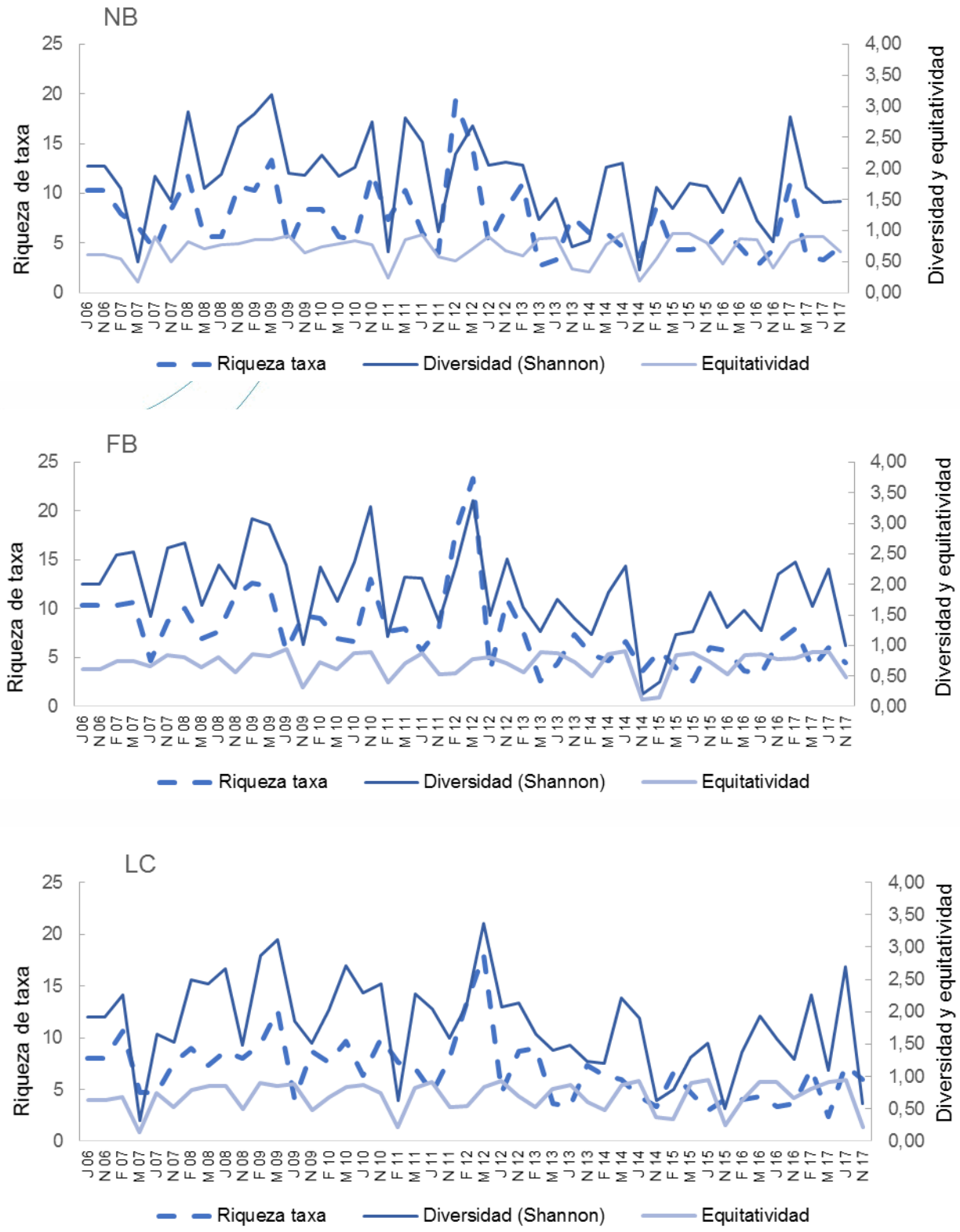

Figura 4.4.8. Valores de diversidad de Shannon (bit ind^{-1}), equitatividad y riqueza promedios (litoral, central y canal) de Nuevo Berlín (NB), Fray Bentos (FB) y Las Cañas (LC) en el período julio 2006 - noviembre 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Al igual que años anteriores, en base a los análisis de varianza (ANOVAs) realizados para analizar posibles diferencias estadísticas entre Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas se puede concluir que la riqueza, diversidad y abundancia de zooplancton no presentaron diferencias significativas antes y después del inicio de producción de la Planta, comparando las zonas aguas arriba y abajo del emprendimiento industrial (Figuras 4.4.9, 4.4.10 y 4.4.11). A pesar de no haber diferencias significativas se observa que Fray Bentos presenta un comportamiento diferente al de Nuevo Berlín y Las Cañas, con leve aumento de abundancia de organismos y disminución de diversidad después del inicio de actividad de la Planta.

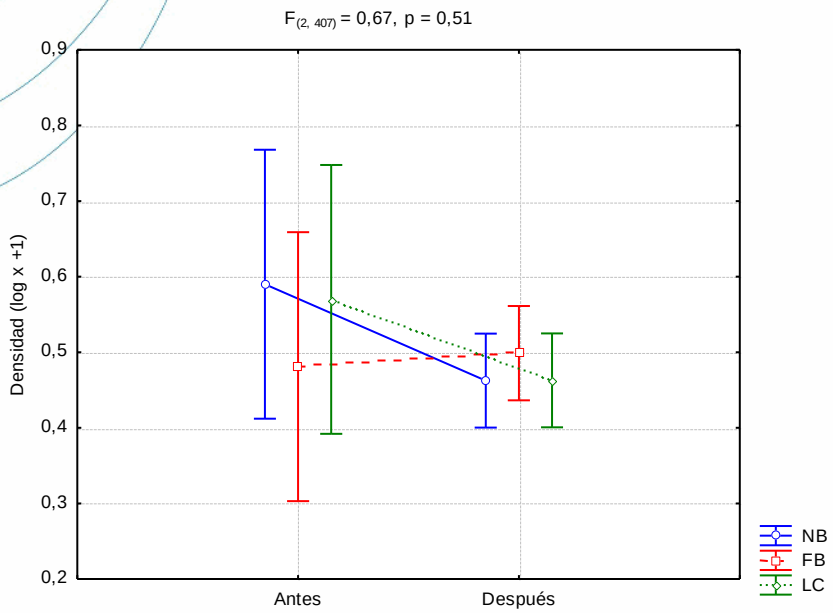

Figura 4.4.9. Resultado del ANOVA de dos vías, para la densidad de organismos transformada (Log (x+1)) en los tres sitios de estudio, antes y después del funcionamiento de la planta de celulosa.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

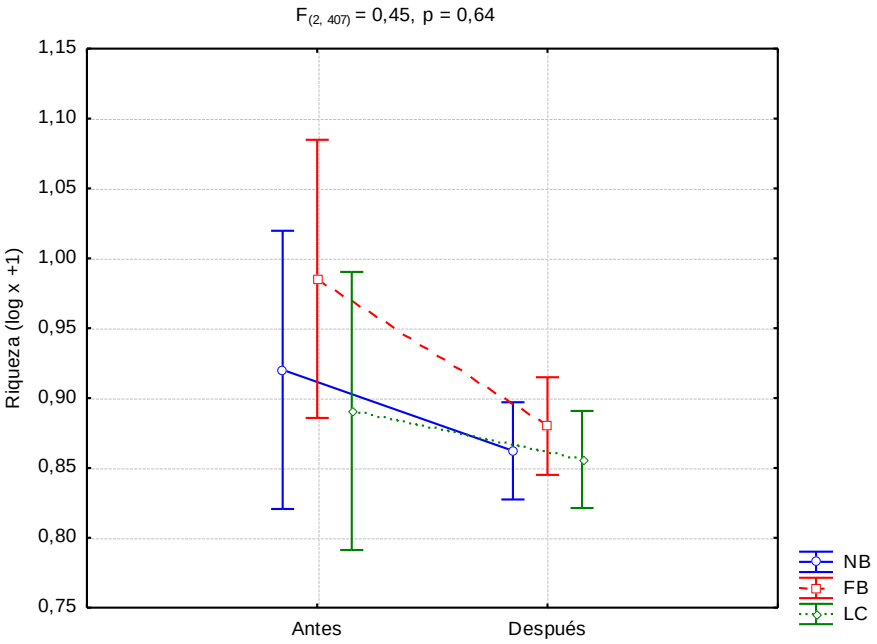

Figura 4.4.10. Resultado del ANOVA de dos vías, para la riqueza (cantidad de taxa) en los tres sitios de estudio, antes y después del funcionamiento de la planta de celulosa.

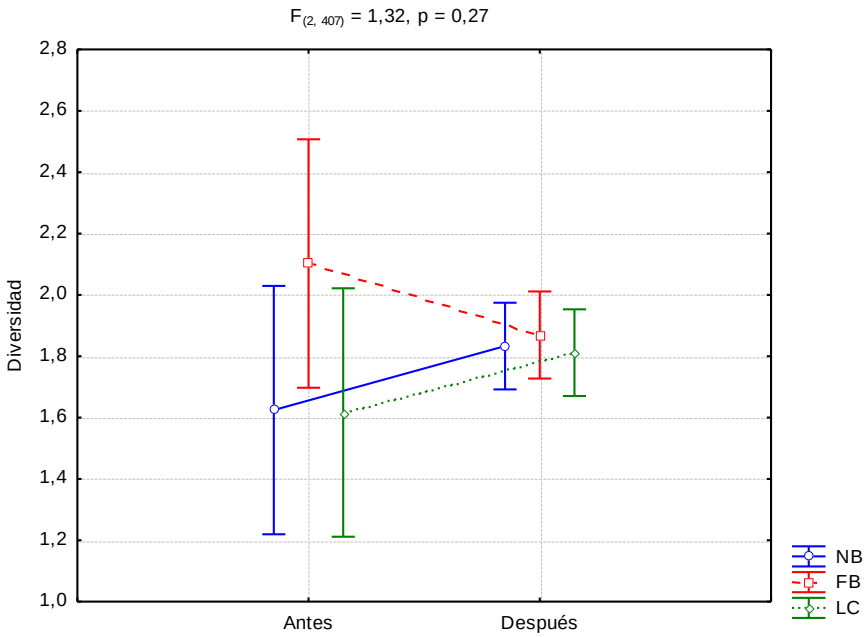

Figura 4.4.11. Resultado del ANOVA de dos vías, para la diversidad de Shannon en los tres sitios de estudio, antes y después del funcionamiento

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

4.3 Análisis biológicos: MACROZOOBENTOS

En los cuatro muestreos de 2017 se observaron 20 taxa de macroinvertebrados bentónicos, siendo los insectos y moluscos los que presentaron un mayor número de familias en las tres zonas de estudio (Tabla 4.5.1).

Tabla 4.5.1. Lista de familias de macroinvertebrados bentónicos identificados en el área de estudio.

	Nuevo Berlín	Fray Bentos	Las Cañas
Nematoda	*	*	*
Oligocaheta			
Naididae	*	*	*
Alluroididae	*	*	*
Hirudinea			
Glossiphoniidae	*	*	
Bivalvia			
Mytilidae	*	*	*
Corbiculidae	*	*	*
Gastropoda			
Cochliopidae	*	*	*
Chilinidae	*		
Lithoglyphidae	*	*	*
Ampullariidae	*	*	*
Ephemeroptera			
Caenidae	*	*	*
Odonata			
Gomphidae	*		*
Coenagrionidae	*	*	
Trichoptera			
Leptoceridae	*		
Díptera			
Chironomidae	*	*	*
Pupa Díptero	*	*	*
Crustacea			
Limnocytheridae	*	*	*
Tanaididae	*		
Amphipoda			
Hyalellidae		*	
Isopoda			
Asellidae			*
Acaros			
Hydrachnidae	*	*	

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

En 2017 la abundancia de macroinvertebrados bentónico presentó el mismo patrón que años anteriores (LATU 2015, LATU 2016 y LATU 2017), siendo Fray Bentos la zona que registró la mayor abundancia de organismos, con una abundancia total de 46379 ind m^{-2}, seguido de Las Cañas con 21666 ind m^{-2} y Nuevo Berlín con 11839 ind m^{-2}. *Limnoperna fortunei* continúa siendo el organismo más abundante en área de estudio desde el año 2005 (CELA 2005, CELA 2006, LATU 2007, LATU 2008, LATU 2009, LATU 2010, LATU 2011, LATU 2012, LATU 2013, LATU 2014, LATU 2015, LATU 2016, LATU 2017).

La abundancia de organismos promedio presentó un rango de variación entre 0 y 10417 ind m^{-2}, presentado el máximo su Fray Bentos 22 en el muestreo de verano 2017 (Figura 4.5.1), en este punto el mejillón dorado representó el 99 % de los organismos de la muestra.

La diversidad de Shannon promedio varió entre 0 y 2,92 4 bits ind^{-1}, el máximo se presentó en Fray Bentos 11, en el muestreo de noviembre 2017, donde se registraron 9 familias. El punto de muestreo en el que se observó mayor número de familias (14) fue en primavera en unos de los litorales de Nuevo Berlín (NB 21).

En el mes de mayo se observó una correlación positiva entre el caudal y la diversidad (rs = 0.79), siendo el único muestreo en el que se observó correlación entre una variable biológica y el caudal.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

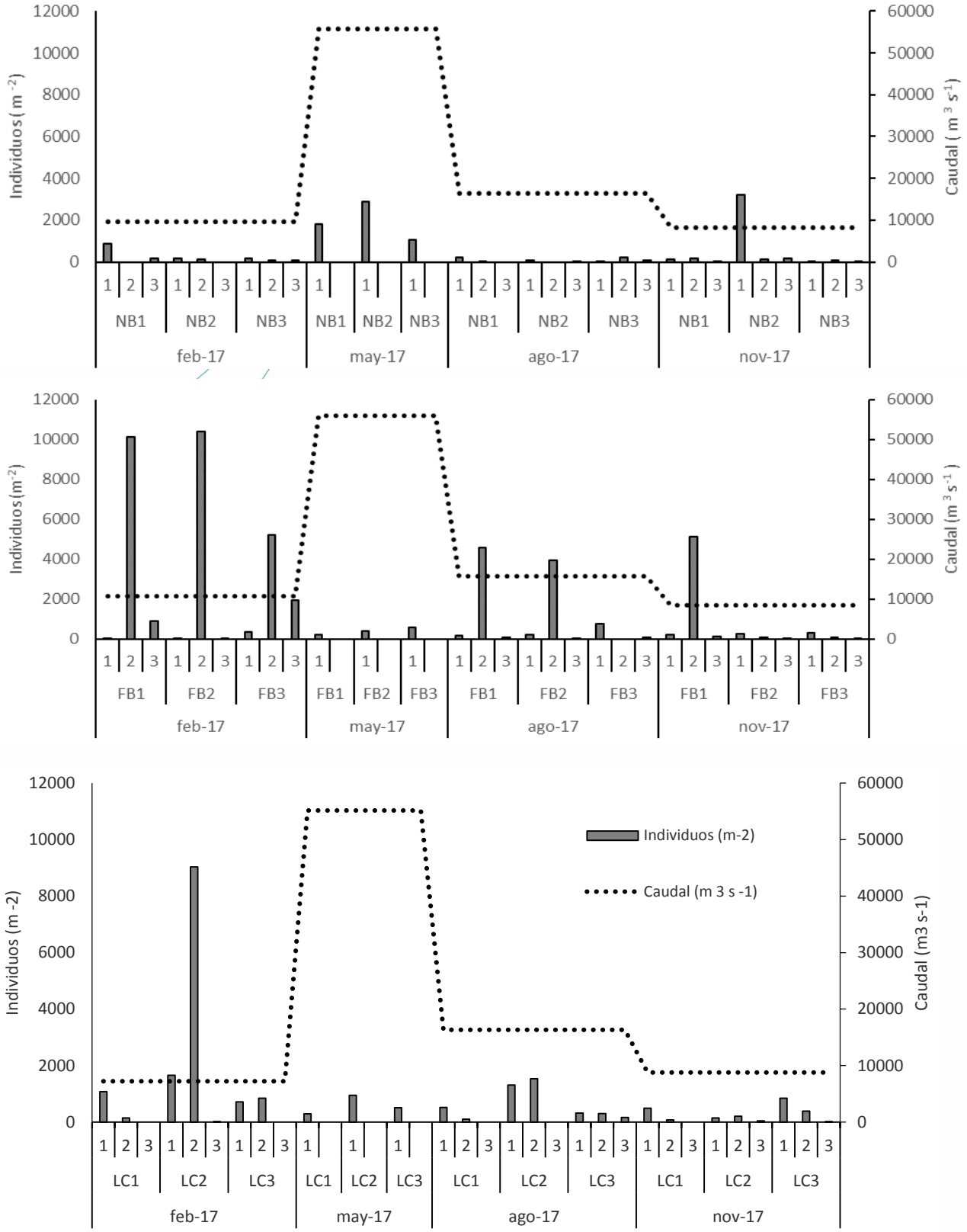

Figura 4.5.1. Representación de la relación entre la abundancia de organismos (ind m^{-2}) y caudal (m^3 s^{-1}), para Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas en el período febrero a noviembre 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

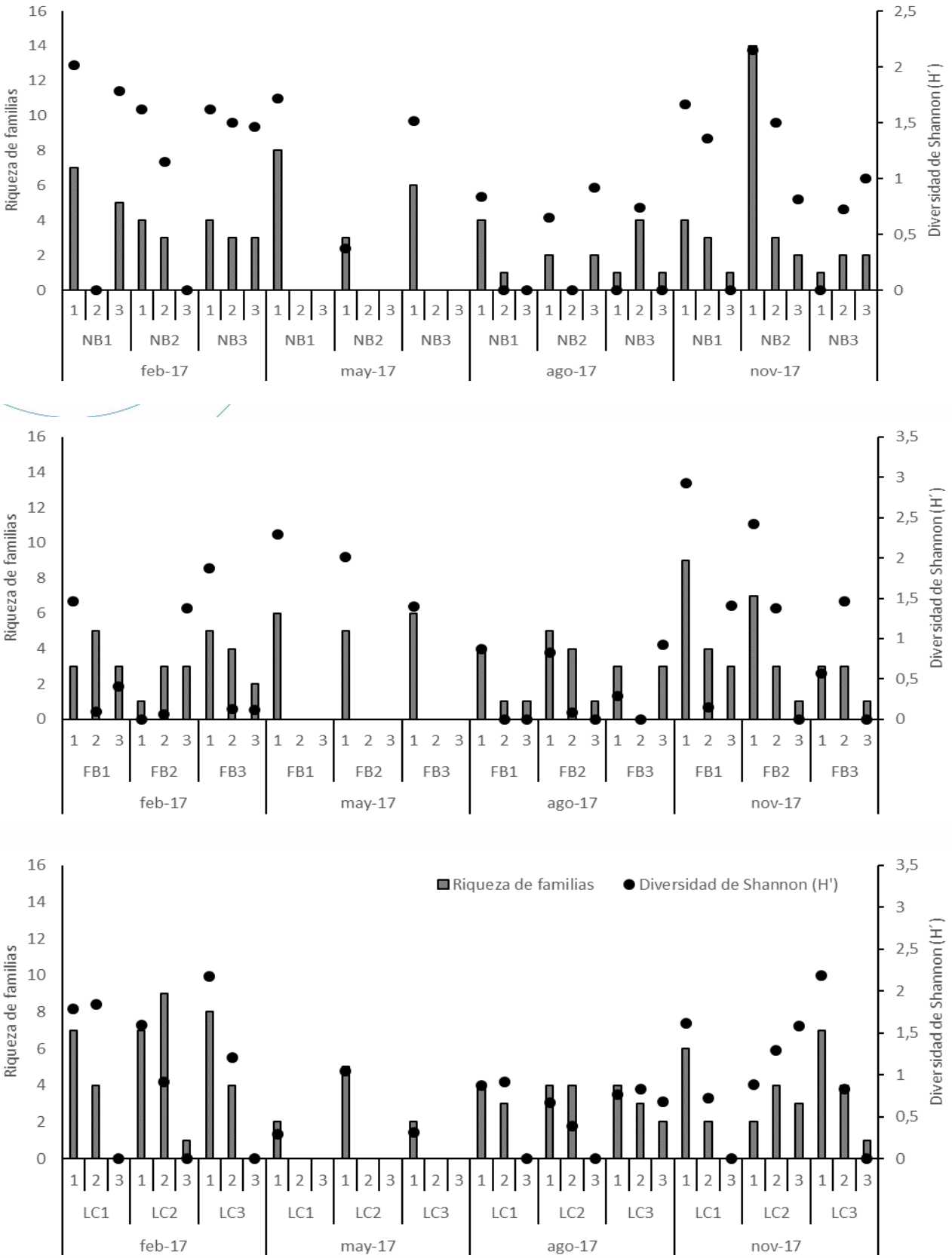

Figura 4.5.2. Valores de riqueza de familias, diversidad de Shannon (bit ind^{-1}) los tres sitios de muestreo a lo largo del período febrero a noviembre 2017 (NB: Nuevo Berlín, FB: Fray Bentos y LC: Las Cañas).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Las biomasas promedio estuvieron entre de 5,90-03 g m^{-2} y 101,52 g m^{-2} ambos valores se observaron en Fray Bentos, el mínimo se presentó en otoño y el máximo en verano (Tabla 4.5.2).

Tabla 4.5.2. Promedios de biomasa (g m^{-2}) en los tres sitios del área de estudio en período de estudio de febrero a noviembre 2017. (NB: Nuevo Berlín, FB: Fray Bentos y LC: Las Cañas).

	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre
NB	0,21	0,40	$6,00^{-03}$	0,06
FB	101,52	$5,90^{-03}$	35,50	44,92
LC	4,74	0,54	11,96	11,25

En los tres sitios la abundancia de organismos se correlacionó positivamente con la biomasa (NB rs= 0.72, FB rs= 0.73, LC rs= 0.46, $p < 0.05$). La diversidad y riqueza se correlacionaron positivamente con la abundancia de organismos en Nuevo Berlín y Las Cañas (Nuevo Berlín rs= 0.73, rs= 0.90 y Las Cañas rs= 0.58, rs= 0.87, $p < 0.05$). En Fray Bentos se observó una correlación positiva entre abundancia y riqueza (rs= 0.48, $p < 0.05$).

En verano, invierno y primavera se observó una correlación lineal positiva entre abundancia de organismos y riqueza de familias, mientras que invierno y primavera se presentaron correlaciones positivas entre abundancia y diversidad (Tabla 4.5.3).

Tabla 4.5.3. Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables biológicas en las distintas estaciones del año. Los valores de Spearman significativos $p< 0.05$ se destacan en cursiva.

VERANO	Abundancia	Biomasa
Riqueza	***0.71***	0.32
Diversidad	0.32	- 0.06
OTOÑO	Abundancia	Biomasa
Riqueza	0.25	- 0.29
Diversidad	- 0.13	- 0.42
INVIERNO	Abundancia	Biomasa
Riqueza	***0.79***	0.10
Diversidad	***0.44***	- 0.29
PRIMAVERA	Abundancia	Biomasa
Riqueza	***0.86***	***0.57***
Diversidad	***0.57***	0.32

En cuanto a las variables biológicas y su correlación con las variables fisicoquímicas de sedimentos se observaron distintas correlaciones. En Nuevo Berlín abundancia y riqueza se correlacionaron de forma positivamente con las concentraciones de materia orgánica y arena fina, mientras que riqueza y diversidad se correlacionaron positivamente con las concentraciones de fósforo. En Fray Bentos, abundancia y biomasa se correlacionaron positivamente con grava.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Tabla 4.5.4. Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables biológicas y las variables fisicoquímicas de sedimentos, durante febrero y noviembre 2017. Los valores de Spearman significativos p< 0.05 se destacan en cursiva.

Nuevo Berlín 2017	Abundancia	Riqueza	Diversidad	Biomasa
Fósforo total	0.32	**0.44**	**0.40**	0.12
Nitrógeno	0.22	0.32	0.26	- 0.06
Materia orgánica	**0.40**	**0.46**	0.28	0.18
Grava	0.18	0.16	- 0.05	- 0.32
Arena gruesa	- 0.25	- 0.25	- 0.16	- 0.38
Arena mediana	- 0.27	- 0.29	- 0.15	- 0.15
Arena fina	**0.37**	**0.38**	0.32	**0.46**
Arena muy fina	0.31	0.35	0.26	0.24
Limo	0.29	0.29	0.16	0.18
Arcilla	0.17	0.16	0.02	- 0.25

Fray Bentos 2017	Abundancia	Riqueza	Diversidad	Biomasa
Fósforo total	0.19	0.26	0.34	0.10
Nitrógeno	0.21	0.20	0.19	0.25
Materia orgánica	0.26	0.13	0.13	0.29
Grava	***0.45***	- 0.01	- 0.29	**0.41**
Arena muy gruesa	0.29	0.20	- 0.12	0.31
Arena gruesa	- 0.06	- 0.26	- 0.26	0.16
Arena mediana	- 0.09	- 0.16	- 0.23	- 0.02
Arena fina	0.14	0.27	0.21	- 0.02
Arena muy fina	0.13	0.22	0.24	0.09
Limo	- 0.02	0.12	0.24	- 0.01
Arcilla	- 0.29	0.10	0.35	0.15
Caudal	0.09	0.08	- 0.09	- 0.35

Las Cañas 2017	Abundancia	Riqueza	Diversidad	Biomasa
Fósforo total	0.09	0.21	0.27	0.33
Nitrógeno	***0.60***	***0.58***	0.36	**0.38**
Materia orgánica	***0.63***	***0.62***	***0.41***	**0.41**
Arena gruesa	***0.54***	***0.51***	***0.41***	0.23
Arena mediana	- 0.12	- 0.11	0.02	-0.16
Arena fina	***- 0.45***	***- 0.37***	- 0.32	**-0.41**
Arena muy fina	***0.58***	***0.59***	***0.44***	**0.41**
Limo	***0.50***	***0.43***	0.27	**0.39**
Arcilla	0.11	- 0.02	- 0.11	0.23
Caudal	0.20	- 0.07	- 0.27	- 0.03

En Las Cañas se observó el mismo patrón de correlaciones que el año anterior (LATU 2017), donde abundancia riqueza y biomasa se correlacionaron positivamente con el nitrógeno y limo y negativamente con arena fina. Las cuatro variables biológicas presentaron correlación positiva con materia orgánica y arena muy fina (Tabla 4.5.4).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Variación temporal julio 2006 a noviembre 2017

Las variables biológicas analizadas, en cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, fluctuaron en forma similar en los tres sitios de estudio. Al igual que en informes anteriores el promedio máximo de abundancia de organismos se registró en el agosto 2013 en Fray Bentos (5805 ind m^{-2}). La riqueza de familias y diversidad de Shannon presentaron su máximo valor en febrero 2017 en Nuevo Berlín 31, zona litoral (figura 4.5.3 y 4.5.4).

En los tres sitios estudiados se observó que la abundancia de organismos presentó mayores promedios de organismos en el período post funcionamiento de la planta, siendo Fray Bentos el que presentó un mayor aumento de la abundancia de macroinvertebrados. Los análisis de varianza (ANOVA) mostraron diferencias en la abundancia de organismos entre los tres sitios (Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas ($F_{(2, 1199)}$= 3.57 p= 0.03) y en el tiempo (($F_{(1, 1199)}$= 4.15 p= 0.04), no así en la interacción de los factores (Figura 4.5.5).

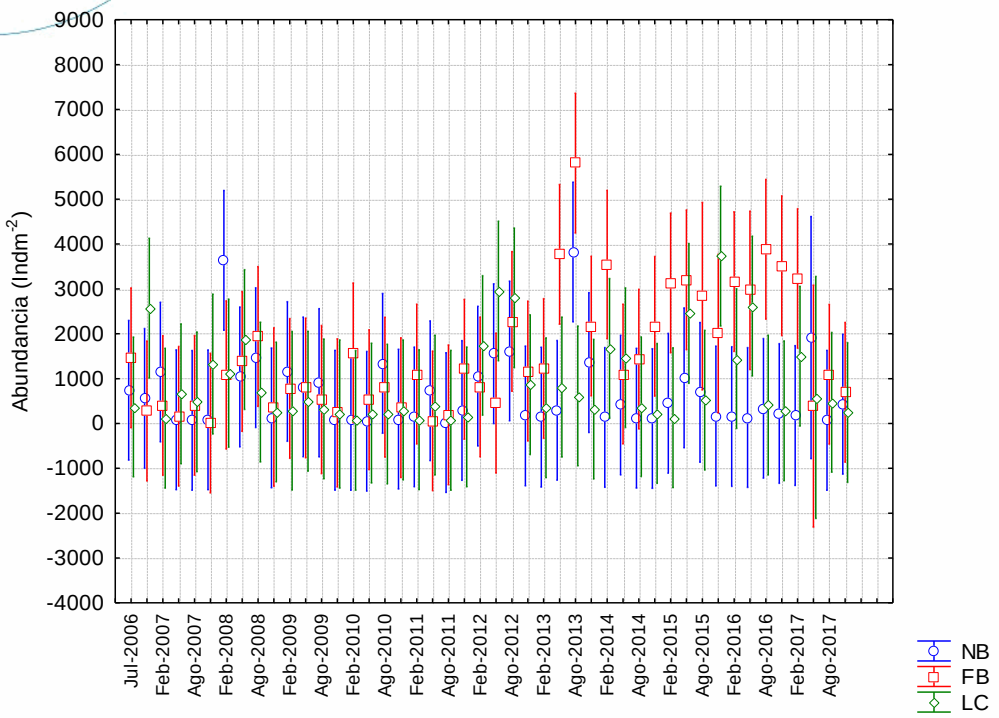

Figura 4.5.3. Variación de la abundancia de organismos (Ind m^{-2}), +/- error estándar, en el período de estudio en los sitios de muestreo desde julio 2006 a noviembre 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

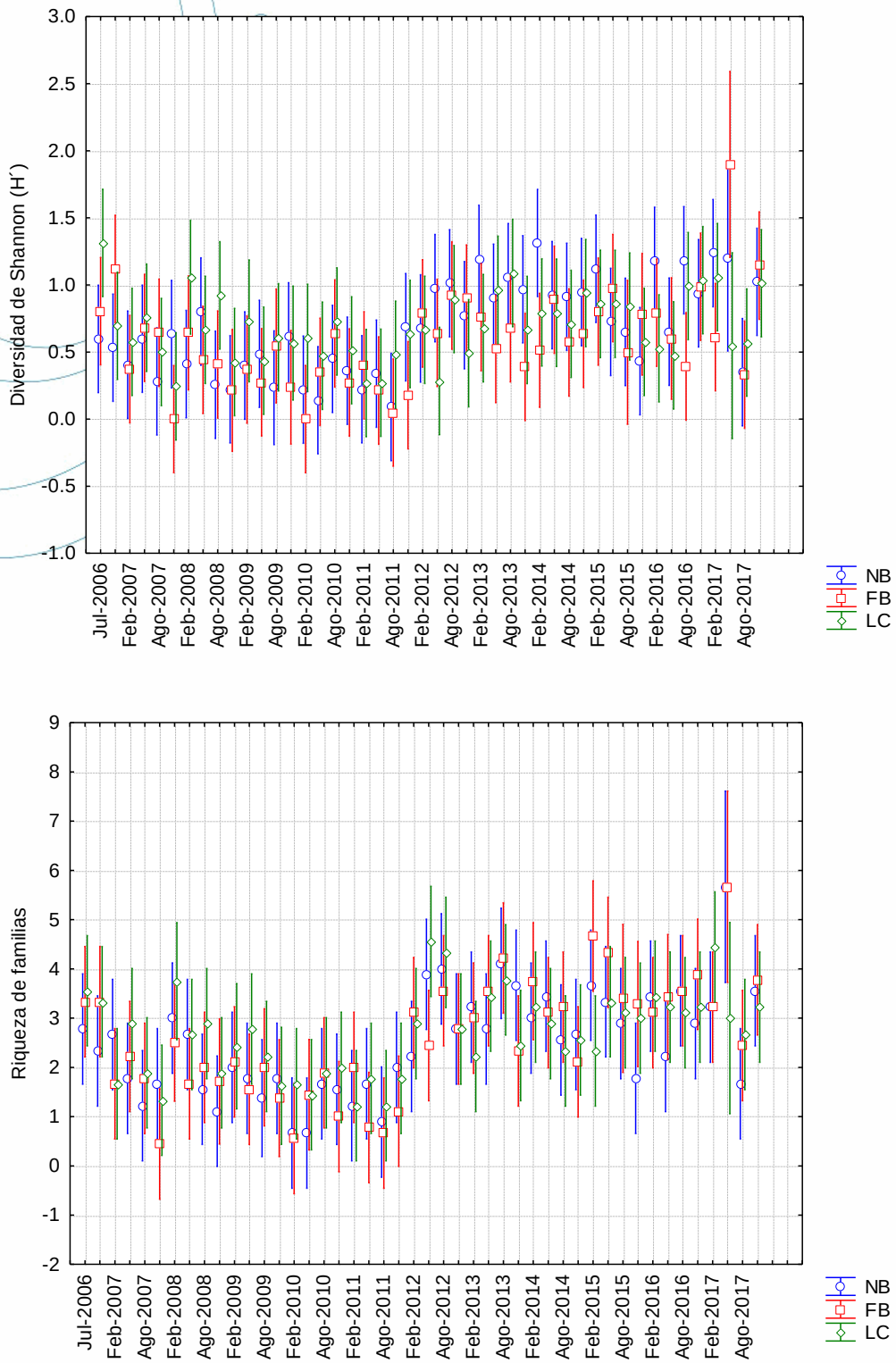

Figura 4.5.4. Variación de la riqueza de familias y diversidad de Shannon (H´) (+/- error estándar) en el período de estudio en los sitios de muestreo desde julio 2006 a noviembre 2017.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

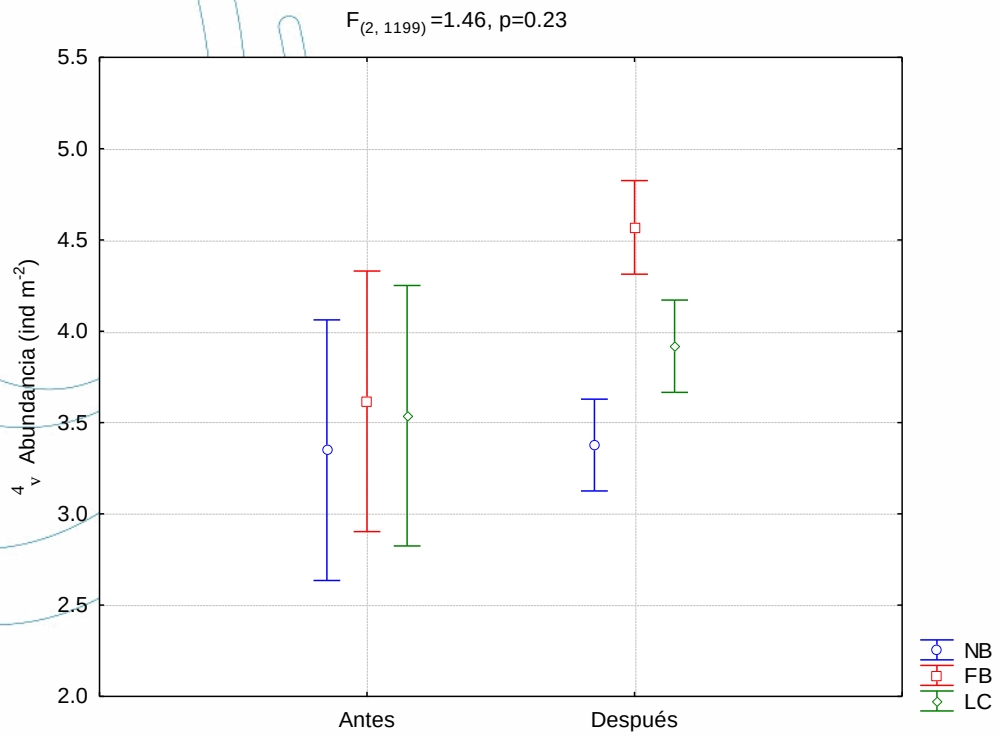

Figura 4.5.5. Resultado del ANOVA de dos vías para la abundancia de organismos (raíz cuarta) en los tres sitios en el período de estudio julio 2006 a noviembre 2017

Al analizar las diferentes zonas de muestreos (litorales, medias y canales), se encontraron diferencias entre las mismas ($F_{(2.1187)} = 16.57$ $p < 0.01$), en el tiempo ($F_{(1.1187)} = 4.656$. $p = 0.03$) y entre los sitios ($F_{(2.1187)} = 4.00$ $p = 0.02$), no observándose diferencias en la interacción de los factores (Figura 4.5.6).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

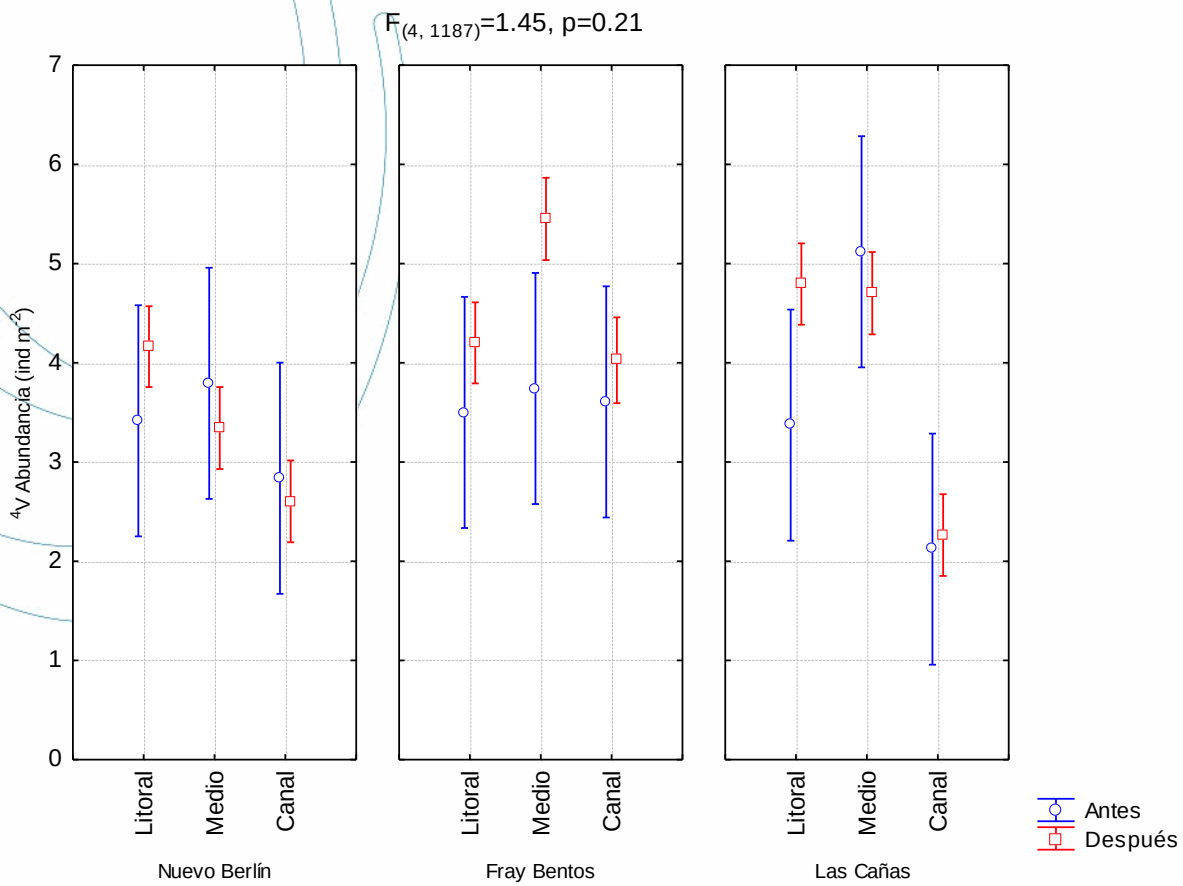

Figura 4.5.6. Resultado del ANOVA de tres vías para la abundancia de organismos (raíz cuarta) en los tres sitios de estudio en las distintas zonas (litoral, medio y canal) en el período de estudio julio 2006 a noviembre 2017

Los promedios de la riqueza de familias fueron levemente mayores en el período post funcionamiento en los tres sitios, está variable no se presentó diferencias en el tiempo, entre los sitios, ni en la interacción de los factores (Figura 4.5.7).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

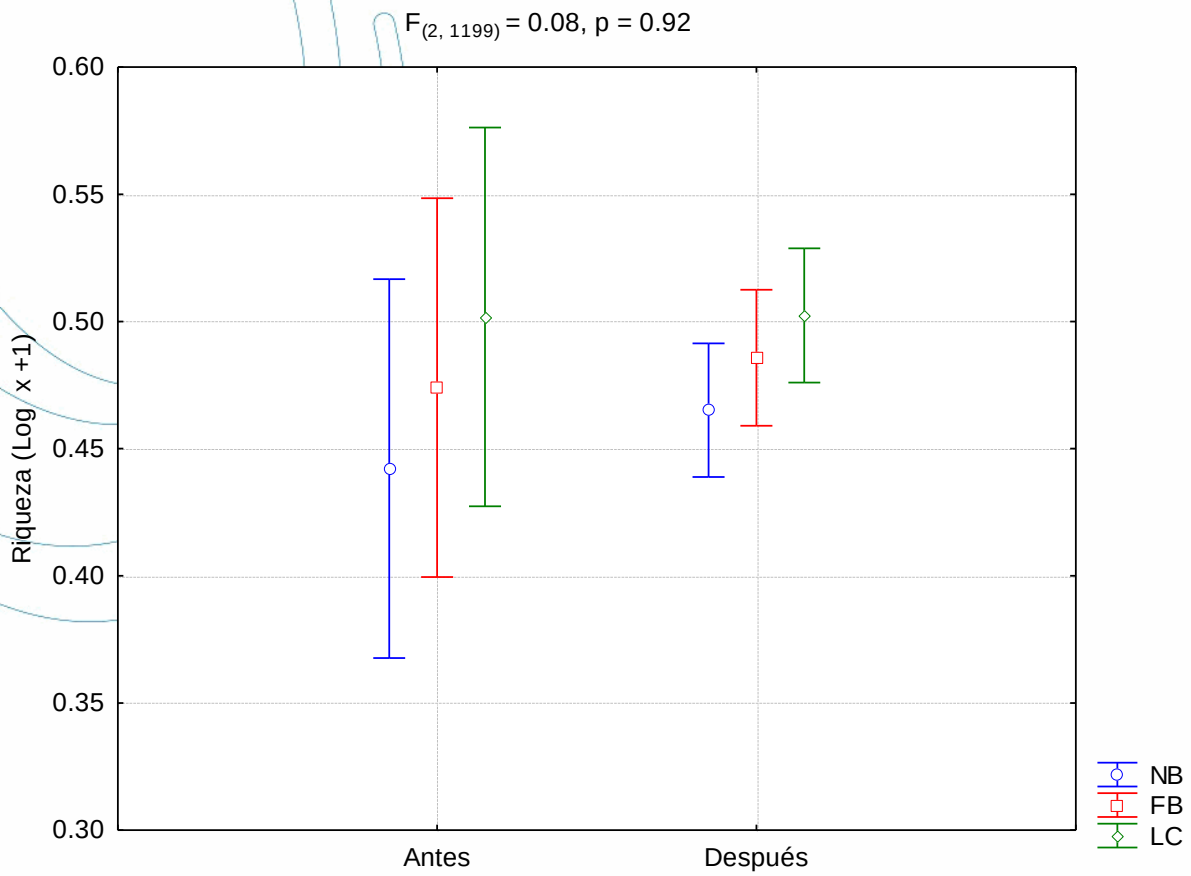

Figura 4.5.7. Resultado del ANOVA de dos vías, para la riqueza de familias (Log (x +1)) en los tres sitios en el período de estudio julio 2006 a noviembre 2017.

Las zonas de canal fueron las que presentaron el menor número de taxa, patrón similar años anteriores (LATU 2017). Al analizar los ANOVAS no se encontraron diferencias en el tiempo ni entre los sitios, si se observaron diferencias entre las zonas ($F_{(2,\ 1187)} = 35.84$. $p < 0.01$), no observándose diferencias en la interacción de los factores (Figura 4.5.8).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

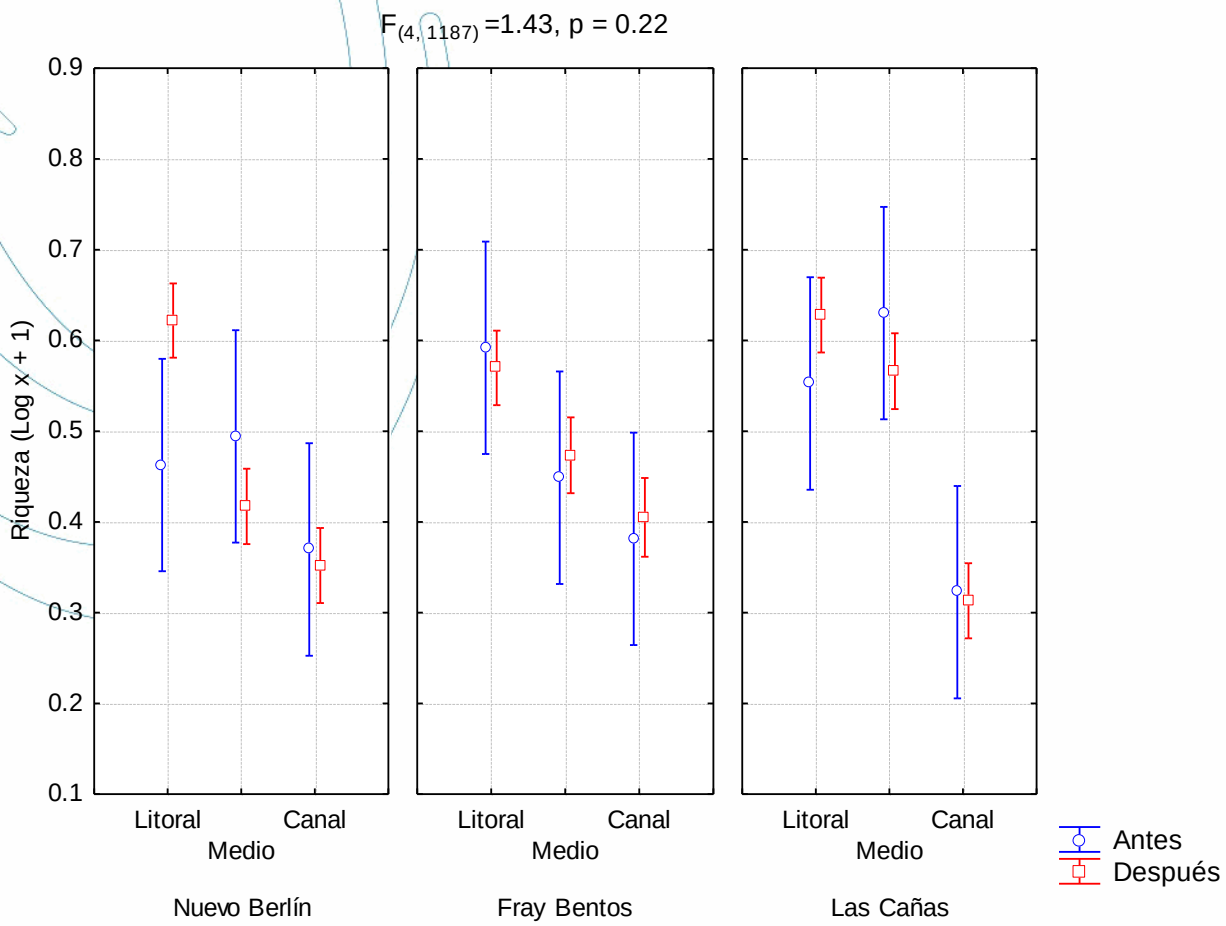

Figura 4.5.8. Resultado del ANOVA de tres vías para la riqueza de familias (Log (x + 1)) en los tres sitios en las distintas zonas (litoral, medio y canal) en el período de estudio julio 2006 a noviembre 2017.

La diversidad de Shannon presentó mayor valor post funcionamiento en Nuevo Berlín, mientras que en Fray Bentos y Las Cañas se observó una tendencia a la disminución de esta variable, mismo patrón que el año anterior (LATU 2017). La diversidad de Shannon (H') no mostró diferencias entre los sitios, ni en el tiempo, presentando diferencia en la interacción de los factores (Figura 4.5.9).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

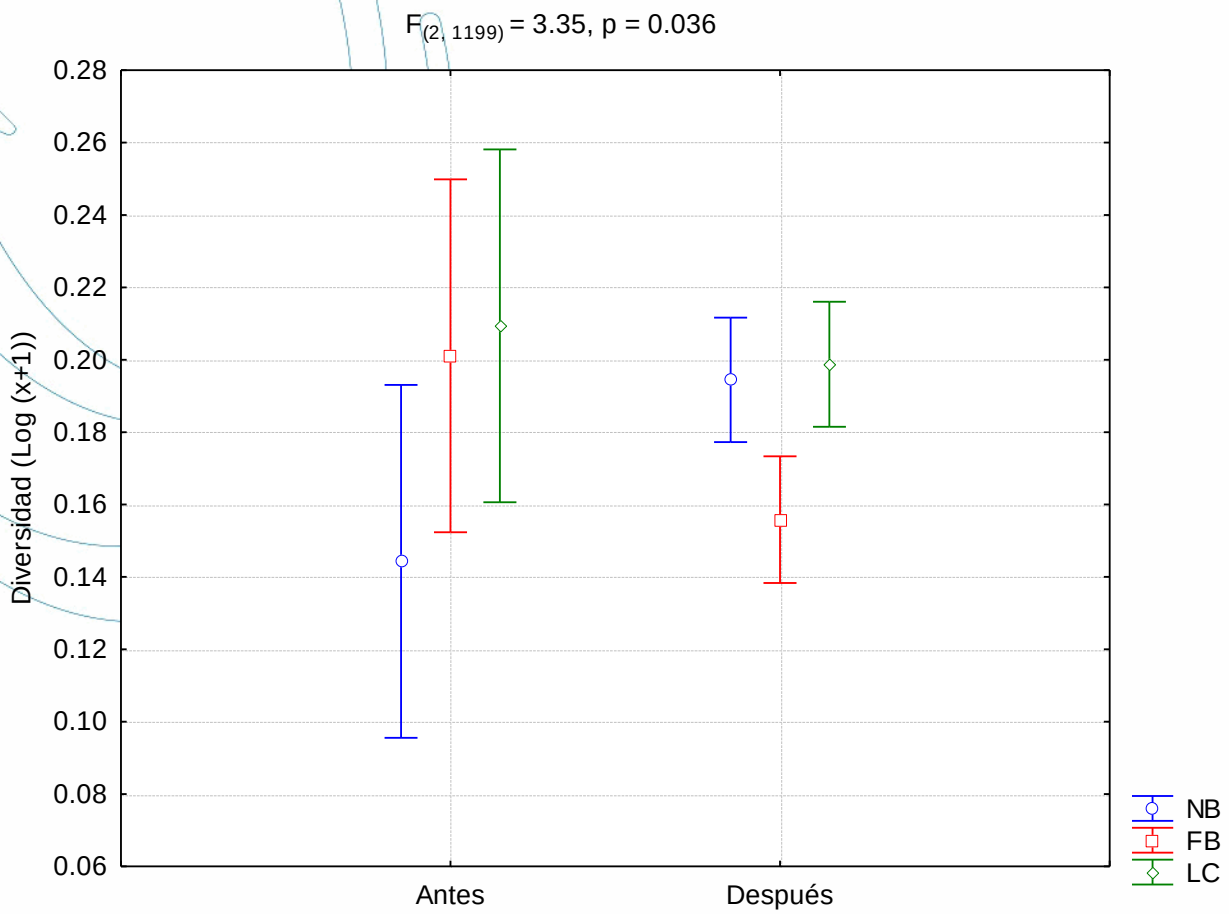

Figura 4.5.9. Resultado del ANOVA de dos vías, para la diversidad de Shannon (H´) (Log (x+1)) en los tres sitios en el período de estudio julio 2006 a noviembre 2017.

La diversidad de Shannon no presentó diferencias entre sitios, tiempo e interacción de los factores, si se observaron diferencias significativas entre las zonas ($F_{(2.1187)} = 34.27$. $p < 0.01$) (Figura 4.5.10).

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

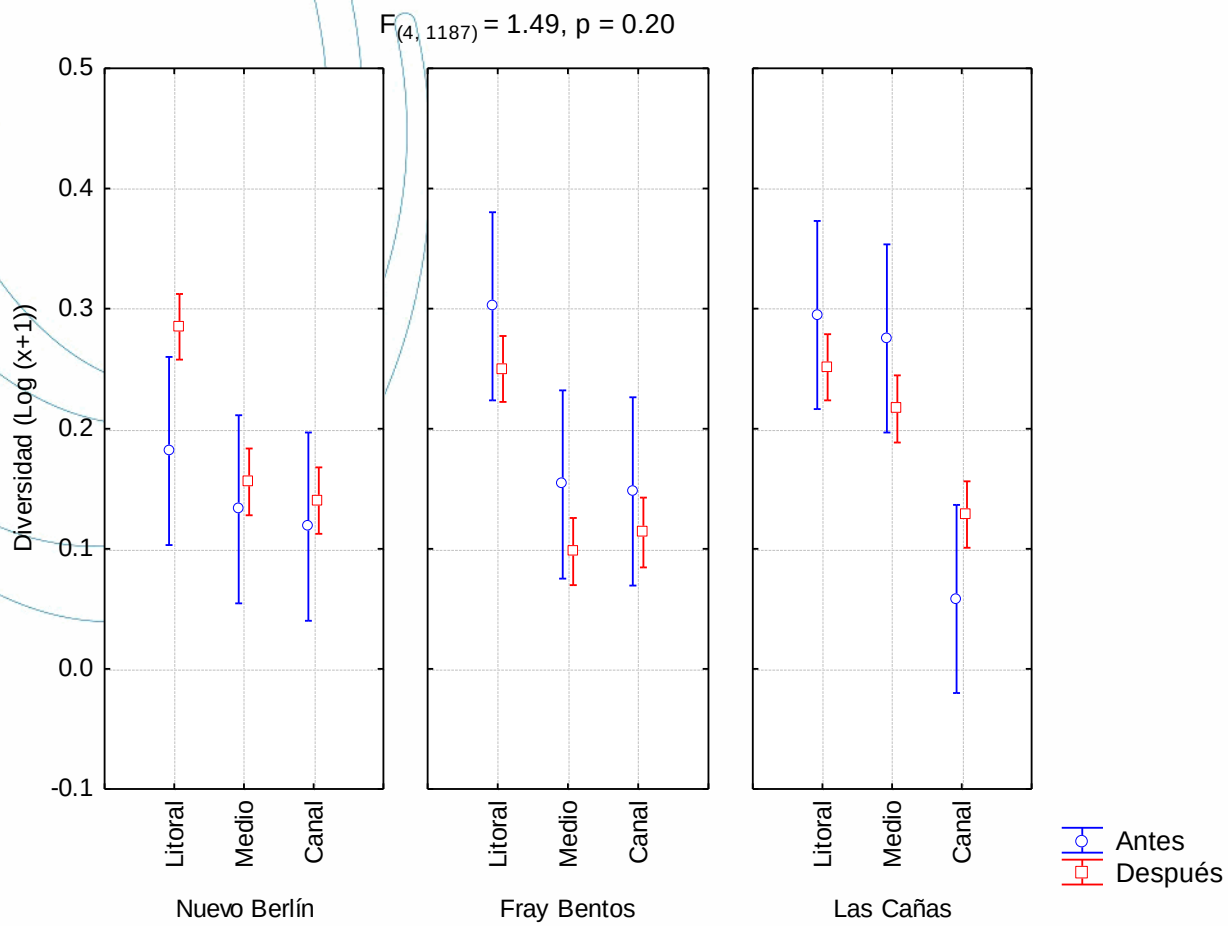

Figura 4.5.10. Resultado del ANOVA de tres vías para la diversidad de familias (Log (x + 1)) en los tres sitios (litoral. medio y canal) en el período de estudio julio 2006 a noviembre 2017.

Los análisis de estadísticos realizados para las variables biológicas mostraron que la abundancia de organismos, la riqueza de familias y la diversidad de Shannon no presentaron diferencias significativas entre antes y después de puesta en funcionamiento la planta.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

5. CONCLUSIONES

Al igual que los reportes anteriores, los parámetros de calidad de agua variaron en los tres sitios en forma conjunta, durante todo el período (2006-2017), no existiendo diferencias estadísticas significativas antes y después de puesta en funcionamiento la planta. A nivel temporal se presentaron diferencias significativas entre los muestreos.

En sedimentos, los niveles de mercurio, PCBs y EOX se mantuvieron por debajo de sus respectivos límites de cuantificación o detección, mientras que los PAH cumplieron con los límites planteados por la Guía Canadiense de Calidad de sedimentos para Protección de la Vida Acuática (CSeQGs, Canadian Sediment Quality Guidelines 1999, updated 2002). El Naftaleno superó el ISQG de dicho valor guía, pero se mantuvo lejos del nivel de efecto probable (PEL). Las Dioxinas y Furanos en sedimentos en el año 2017 presentaron valores nulos o menores a 1,01 ng/kg. El bioensayo de toxicidad con *Daphnia magna* sobre el elutriado del sedimento no presentó toxicidad en las tres zonas analizadas (LC50, 48 h). En Fray Bentos no se encontraron diferencias entre antes y después de puesta en funcionamiento la planta, a nivel de nutrientes y materia orgánica de los sedimentos.

Las variaciones de densidad y biomasa fitoplanctónica durante todo el período siguieron los patrones estacionales, dentro de los rangos esperados. Se producen picos de abundancia del fitoplancton en verano y algunos años también en primavera producido por cianobacteria. Éste último año el grupo “otros” tomó mayor importancia como los dinoflagelados (*Ceratium*) y euglenoideos (*Traquelomonas*) que aportaron a la biomasa total.

Tanto el fitoplancton como el zooplancton tuvieron una disminución de la abundancia en mayo, asociado al valor de caudal alto histórico, seguido de un marcado aumento en primavera. Los parámetros ambientales que resultaron ser los principales factores reguladores de ambas comunidades fueron la temperatura, el caudal, la turbiedad y los compuestos nitrogenados.

Al igual que años anteriores la temperatura aparece como el principal factor regulador de la comunidad de zooplancton, presentando comportamiento estacional típico de la región, con densidades mayores en meses más cálidos y menores en los meses fríos. Las comunidades de plancton no presentaron diferencias significativas en el análisis antes y después de la puesta en funcionamiento de la planta de celulosa, en ninguno de los parámetros analizados (abundancia, biomasa, diversidad y riqueza).

El mejillón dorado continúa siendo el organismo más abundante en área de estudio, tanto las larvas en el zooplancton como los adultos en el macrozoobentos. Los análisis de varianza realizados para las variables biológicas mostraron que la abundancia de organismos del macrozoobentos, la riqueza de familias y la diversidad de Shannon no presentaron diferencia significativa entre antes y después de puesta en funcionamiento la Planta.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

6. BIBLIOGRAFIA

ASTM International (United State) D3976 – 92 2005. Standard Practice for Preparation of Sediment Samples for Chemical Analysis. West Conshohocken

Beylea, L. R. and Lancaster, J. 1999. Assembly rules within a contingent ecology. Oikos 86: 402-416.

Biggs BJF, RA Smith & MJ Duncan 1999. Velocity and sediment disturbance of periphyton in headwater streams: biomass and metabolism. Journal of the North American Benthological Society, 18: 222–241.

Boltovskoy D & Cataldo D 1999. Population dynamics of *Limnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusc, in the Lower Paraná River (Argentina). Biofouling, 14: 255-263

Boltovskoy D, N Correa D Cataldo & F Silvestre 2006. Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond. Biol. Invas., 8: 947-963

Bonetto AA & MA Corrales de Jacobo 1985. Zooplancton del río Paraná Medio: Variaciones temporales y distribucionales en el área de confluencia con el río Paraguay. Ecosur, 5: 1-23

Bottrell HH, Duncan A, Gliwicz ZM ,Grygierek E, Herzig A, Hillbricht-Ilkows A 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. Norw. J. Zool., 24: 419-456.

Borjas A., Dauer DM 2008. Assesing the environmental quality status in stuarine and coastal systems: comparing methodologies and indices. Ecological Indicators 8: 331-337.

Bremner, JM & CS Mulvaney. 1982. The determination of Nitrogenaccording otal. Pp 595-624, En: Methods of soil analysis. AL Page RH Miller Keeney DR (Eds). Chemical and microbiological properties, 2nd ed. Agronomy series Nº 9ASA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Brugnoli E Clemente J Riestra G Boccardi L & Borthagaray A 2006. Pp 351-362, En: Especies acuáticas exóticas en Uruguay: situación, problemática y gestión. En: Menafra R Rodríguez L Scarabino F & D Conde (Eds.). Bases para la conservación y manejo de la costa uruguaya. Vida Silvestre Uruguay.

Brugnoli E Conde D De León L Clemente J Gorga J & H Rodó 2007. Estudio para el Control de Moluscos en los embalses del Río Negro. Informe Final-Período Octubre 2005-Diciembre 2006, 52 p

Burt R 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42. Burt R *(ed).* Versión 4.0: 700 p

Cataldo D & D Boltovskoy 2000. Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei*, as inferred from the occurrence of its larvae in the plankton of the lower Paraná river and the Río de la Plata estuary (Argentina), Aquat Ecol 34: 307-317

Centros de Estudios Limnológicos Aplicados (CELA) 2005. Establecimiento de una línea de base de las comunidades de fitoplancton, zooplancton y bentos en el Río Uruguay (desde Nuevo Berlín a Las Cañas), Dpto Río Negro-Uruguay

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Centros de Estudios Limnológicos Aplicados (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), Dpto Río Negro-Uruguay, 92 p

Clarke KR & RM Warwick 2001 Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 2nd Edition. 144p

Clarke KR & RN Gorley 2006 PRIMER v6: User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth (Ed.), 190 p

Darrigran G & Damborenea C 2006. Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano. 1a ed. - La Plata: Univ. Nacional de La Plata, 226 p

Darrigran G & Ezcurra de Drago I 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. The Nautilus 114: 69-73

Darrigran G & G Pastorino 1995. The recent introduction of asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) in to South America, The Veliger (Eds.), 38: 183-187

Darrigran G 2002. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. Biol. Inv., 4: 145-156

Dauer DM 1993. Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. Marine Pollution Bulletin 26:249-257.

Dumont, H. J., van De Velde & S. Dumont, 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. Oec-ologin, 19:75-97.

EPA 3051 A. United States Environmental Protection Agency, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Washington: USEPA, 1ra. rev., 2007. [Consulta: 29 de abril de 2009]. Disponible en: http://www.epa.gov/osw/hazard/ testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf

EPA 8270D. Semivolatile Organic Compounds By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (Gc/Ms).

Fisher SG IJ Gray NB Grimm & DE Busch 1982. Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding. Ecological Monographs 52: 93–110

Frutos SM 1998. Densidad y diversidad del zooplancton en los ríos Salado y Negro. Planicie del río Paraná. Argentina. Rev.Brasil Biol., 58: 431-444

Frutos SM, AS Poi de Neiff & JJ Neiff 2006. Zooplankton of the Paraguay River: a comparison between sections and hydrological phases. Ann. Limnol. Int. J. Lim. 42: 277-288

Gavin, M., Brooke, D.N., Howe, P.D. and Dobson, S. 1996. Environmental hazard assessment: Naphthalene. Prepared for the Chemicals and Biotechnology Division, Environment and International Directorate, Department of the Environment, by the Building Research Establishment and Institute of Terrestrial Ecology. TSD/27, 1996.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Grimm NB & SG Fisher 1989. Stability of periphyton and macroinvertebrates to disturbance by flash floods in a desert stream. Journal of the North American Benthological Society 8: 293–307

Gulyas, P. 2002. Zooplankton. Technical Report of the International Commission for the Protection of the Danube River. Viena. Pp 123-137, En: Joint Danube Survey. Literáthy, P. Koller-Kreimel V & Liska I (eds).

Hairston, N. G. et al. 1960. Community structure, population control and competition. Am. Nat. 94: 421-425.

Hillebrand H CD Dürselen D Kirschtel U Pollingher & T Zohary 1999 Biovolumen calculation for pelagic and benthic microalgae. Journal of Phycology, 35: 403-424

Hillbricht-Ilkowska A & A Stanczykowska 1969. The production and standing crop of planktonic larvae of Dreissena polymorpha (Pall.) in two Mazurian lakes. Pol. Arch. Hydrobiol., 16: 193-203

International Organization for Standarization (Suiza) ISO 5666: 1999 Water quality. Determination of mercury

International Organization for Standarization (Suiza) ISO 5667-3: 2003 Water quality Sampling. Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples

International Organization for Standarization (Suiza) ISO 6778:1984. Water quality -- Determination of ammonium -- Potentiometric method

International Organization for Standarization (Suiza) ISO 6878: 2004 Water quality. Determination of phosphorus, Ammonium molybdate spectrometric method

International Organization for Standarization (Suiza) ISO 10260: 1992 Water quality. Measurement of biochemical parameters. Spectrometric determination of the chlorophyll-a concentration.

International Organization for Standarization (Suiza) ISO/TR 11905-2:1997. Water quality -- Determination of nitrogen -- Part 2: Determination of bound nitrogen, after combustion and oxidation to nitrogen dioxide, chemiluminescence detection.

International Organization for Standarization (Suiza) ISO 13395:1996. Water quality. Determination of nitrite

nitrogen and nitrate nitrogen and the sum of both by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection.

Ituarte CF 2000. Evaluación de la presencia y pre-diagnóstico de situación futura en especies de Corbicula sp. y Limnoperna sp. en el embalse de Salto Grande e instalaciones de la central hidroeléctrica. Pre-diseño de un programa de prevención y control. Informe técnico. Sevicio a Terceros de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP y Museo de la Plata, Departamento de Zoología Invertebrados, 33p

Karatayev AY Padilla D Minchin D Boltovskoy D & LB Burlakova 2007. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. Biol. Inv. 9: 161-180

Lalli C.M. y T.R. Parsons, 2006. Biological Oceanography. An Introduction. University of British Columbia, Vancouver, Canadá. Elsevier Butterworth-Heinemann Oxford, 314p.

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Lanzac Tôha FA L Bonecker CC Velho & LF Machado Velho 2004. Composition, species richness and abundance of the zooplankton community. Pp 145-190, En: The Upper Paraná and its floodplain. Fisical aspects, ecology and conservation. Thomaz SM Agostinho AA & NS Hahn (eds.) Backhuys Publishers, Leinden

LATU 2016. Informe sobre caracterización biológica en el tramo inferior del Río Uruguay, febrero-noviembre 2015. Informe de Ensayo Nº 1508147, 81 p.

LATU 2015. Informe sobre caracterización biológica en el tramo inferior del Río Uruguay, febrero-noviembre 2014.Nº1447272, 132p.

LATU 2014. Informe sobre caracterización biológica en el tramo inferior del Río Uruguay, febrero – noviembre 2013. Nº1397116, 144p.

LATU 2013. Informe sobre caracterización biológica en el tramo inferior del Río Uruguay, febrero – noviembre 2012. Nº1366124, 169p.

LATU 2012. Informe sobre caracterización biológica en el tramo inferior del Río Uruguay, febrero – noviembre 2011. Nº1263520, 126p.

LATU 2011. Estudio de las comunidades biológicas y variables abióticas en el tramo inferior del Río Uruguay, agosto 2009 – noviembre 2010. Nº1203146, 197p.

LATU 2010. Tercer año de estudio de las comunidades biológicas y variables abióticas en el tramo inferior del Río Uruguay. Informe de asesoramiento Nº 1135493, 129p.

LATU 2009. Segundo año de estudio de las comunidades biológicas y variables abióticas en el tramo inferior del Río Uruguay. Informe de asesoramiento Nº 1004375, 140 p.

LATU 2007. Estudio de las comunidades de fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos en el tramo inferior del Río Uruguay (Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas). Informe de asesoramiento Nº 952512, Montevideo, 118

Leibold, M. A. et al. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. Ecol. Lett. 7: 601-613.

Lewin, R. 1986. Supply-side ecology: existing models of population structure and dynamics of ecological ommunities have tended to ignore the effect of the influx of new members into the communities. Science 234: 25-27.

Lopretto EC & G Tell 1995. Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodología para su Estudio, Ediciones Sur

Lund JWG Kipling C & ED Le Cren 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. Hydrobiologia Den Haag, 2: 143-170

Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst. 3:36-7 1. Transl. from Mem. R. Acad. Cienc. Artes. Barc. 32:373-449, 1957.

Menden-Deuer S & EJ Lessard 2000 Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. Limnology and Oceanography, 45: 569–579

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Merritt RW & KW Cummins 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. 2 nd ed., Kendall/Hunt, Dubuque, 722 p

Morin, P. J. 1995. Functional redundancy, non-additive interactions and supply-side dynamics. Ecology 76: 133-149.

O'Farrell I & I Izaguirre 1994. Phytoplankton ecology and limnology of a River Uruguay Lower Basin (Argentina). Arch. Hydrobiol./Suppl., 99 (Monographische Beiträge) (1/2): 155-179

Pielou EC 1977. Mathematical ecology. John Wiley & Sons, Inc., New York, 385 p

Polis, G. A. et al. 1997. Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. _ Annu. Rev. Ecol. Syst. 28: 289_316.

Polis, G. A. and Strong, D. R. 1996. Food web complexity and community dynamics. Am. Nat. 147: 813-846.

Pourriot R Benest D Champ P & C Rougier 1982. Influence de quelques facteurs des milieux sur la composition et dynamique saisonniere du zooplancton de la Loire. Acta Oecol. Gener., 3: 353-371.

Resetarits, W. J. 2005. Habitat selection behaviour links local and regional scales in aquatic systems. Ecol. Lett. 8: 480-486.

Reynolds CS 2000. Hydroecology of river plankton: the role of variability in channel flow. Hydrological Processes. 14: 3119-3132.

Roughgarden, J. et al. 1987. Supply side ecology: the role of physical transport processes. In: Gee, J. H. R. and Giller, P. S. (eds), Organization of communities, past and present. 27th Symp. Brit. Ecol. Soc., Blackwell, pp. 491.

Ruttner-Kolisko A 1977. Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. Arch. Hydrobiol. 8: 71-76.

Salomons, W. & U Förstner 1984. Metals in the hydrocycle. Published by Springer-Verlag in Berlin, New York.

Shannon CE & W Weaver 1949. The Matematical Theory of Comunication. University of Illinois Press, Urbana, 125 pp.

Shurin, J. B. and Allen, E. G. 2001. Effects of competition, predation, and dispersal on species richness at local and regional scales. Am. Nat. 158: 624-637.

Sibley P.K., Dixon D.G., Barton D.R. 1998. Environmental assessment of benthic impacts associated with pulp mill discharges. II. Distribution of sediment EOX in relation of environmental factors. Archives of environmental contmination and toxicology, vol. 34:2, pp. 158-166.

Smock, LA 1980. Relationships between body size and biomass of aquatic insects. Freshwater Biology 10, 375-383.

Sournia A 1978 Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographie Methodology, 6. París, UNESCO

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Stevenson RJ 1997. Resource thresholds and stream ecosystem sustainability. Journal of the North American Benthological Society 16: 410–424

Stewart-Oaten A, Murdoch WM & Parker KR 1996. Environmental impact assessment: pseudoreplication in time? Ecology 67:929-940.

Tam N, Ke L, Wang X & Wong Y, 2001. Contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of mangrove swamps. Environmental Pollutions 114:255-263.

Tana J, Ferrari G, Dabezies M, Boccardi L, Clemente J, Teixeira de Mello F & Gonzalez I 2013. Effects of Pulp Mill effluents in Río Uruguay: a review of monitoring studies in the receiving waters of UPM PULP Mill during 2008-2011. 60p.

U.S. EPA 1995. Environmental Monitoring and Assessment Program (EMAP): Laboratory Methods Manual – Estuaries. United States Environmental Protection Agency, Office of research and Development, Narragansett, RI. EPA/620/R-95/008.

U.S.EPA 1996. Environmental Indicators of water quality in the United States Environmental Protection Agency, Office of water criteria and standards divition (4503F) Washington, D.C. USA.

Utermöhl H 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. Mitteilungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, Stuttgart, 9: 1-38

Underwood AJ 1994 On Beyond BACI: sampling desing that might reliably detect environmental disturbances. Ecological Applications 4: 3-15.

Wiley MJ SL Kohler & DPW Seelbach 1997. Reconciling landscape and local views of aquatic communities: lessons from Michigan trout streams. Freshwater Biology 37: 133–148.

La fecha de realización de cada ensayo figura en la planilla correspondiente a la cual hace referencia este informe. Los datos sobre el solicitante y la muestra se encuentran en la carátula del presente informe. Los resultados del ensayo se refieren exclusivamente a la muestra ensayada. Este Informe sólo podrá ser reproducido parcial o totalmente con la autorización previa escrita del LATU.

El presente informe sólo será válido en su versión electrónica firmada digitalmente.

Se expide el presente Informe de Ensayo en Montevideo, a los veinte días del mes de julio de dos mil diecisiete.

Quím. Farm. Patricia Baklayan
Jefe de Departamento Calidad de Agua y Evaluación Ambiental
LATU

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

ANEXOS. RESULTADOS DE BIOMASA

Anexo 8.1. Fitoplancton (*)

Tabla 8.1.1. Biomasa de fitoplancton (ng C ml^{-1}) de los principales grupos fitoplanctonicos durante los muestreos: febrero 2017, mayo 2017, agosto 2017 y noviembre 2017. CYANO: cianobacterias, CHLORO: Chlorophyceae, DIATO: Diatomeas, CRYPTO: Cryptophyceae, OTROS: Dinoflagelados, Crysophyceae y Euglenoideos.

feb-17	NB1	NB2	NB3	FB1	FB2	FB3	LC1	LC2	LC3
CYANO	6,9	4,9	3,4	5,2	59,1	36,0	16,6	89,5	1,5
CHLORO	0,1	0,2	0,3	26,1	0,6	0,0	0,1	0,2	0,0
DIATO	4,3	2,3	17,3	2,9	12,7	4,4	15,9	4,0	14,4
CRYPTO	10,8	4,7	11,0	48,9	11,9	5,5	3,5	11,0	14,5
OTROS	6,7	1,3	48,9	52,5	7,7	27,6	25,6	5,1	3,1
Biomasa Total (ng C/ml)	29	13	81	136	92	74	62	110	33

may-17	NB1	NB2	NB3	FB1	FB2	FB3	LC1	LC2	LC3
CYANO	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
CHLORO	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
DIATO	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
CRYPTO	1,1	2,4	8,1	1,6	6,2	4,9	1,4	3,3	0,5
OTROS	0,5	0,5	1,5	0,6	1,2	0,4	0,6	0,6	0,0
Biomasa Total (ng C/ml)	**1,7**	**3,1**	**9,9**	**2,4**	**7,7**	**5,4**	**2,0**	**4,0**	**0,5**

ago-17	NB1	NB2	NB3	FB1	FB2	FB3	LC1	LC2	LC3
CYANO	0,6	0,5	2,0	0,7	0,6	1,5	0,8	0,5	0,2
CHLORO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1
DIATO	1,2	2,7	3,1	1,0	0,3	1,5	0,7	1,4	0,7
CRYPTO	2,0	2,3	1,7	1,1	0,5	0,7	1,2	1,8	2,0
OTROS	1,6	0,5	2,1	0,2	0,1	1,4	1,1	1,4	3,6
Biomasa Total (ng C/ml)	**5,6**	**5,9**	**8,8**	**3,1**	**1,5**	**5,2**	**3,7**	**5,1**	**6,6**

nov-17	NB1	NB2	NB3	FB1	FB2	FB3	LC1	LC2	LC3
CYANO	0,0	1,0	0,3	0,0	0,0	1,1	0,0	0,7	2,4
CHLORO	0,1	0,3	1,7	0,5	0,2	0,3	0,6	0,2	0,7
DIATO	6,8	4,0	3,1	8,8	0,9	6,1	2,1	1,5	2,4
CRYPTO	0,4	2,0	0,5	3,9	1,9	0,5	0,7	0,1	1,6
OTROS	0,3	1,2	3,3	0,4	0,1	2,1	1,5	0,2	3,2
Biomasa Total (ng C/ml)	7,8	8,6	8,9	13,6	3,2	10,1	4,9	2,8	10,2

1893

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Anexo 8.2. Zooplancton (*)

Tabla 8.2.1. Resultados de biomasa (µg l^{-1}) de los principales grupos del zooplancton en el muestreo de febrero 2017.

	NB 2.1	NB 2.2	NB 2.3	FB 2.1	FB 2.2	FB 2.3	LC 2.1	LC 2.2	LC 2.3
Copépodos	0,09	0,05	0,14	0,09	0,15	0,17	0,58	0,07	0,28
Cladóceros	2,58	0,86	0,00	0,12	0,57	0,08	0,16	0,03	0,18
Rotíferos	0,13	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,07	0,03
Larvas *Limnoperna fortunei*	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	**2,89**	**0,92**	**0,15**	**0,24**	**0,72**	**0,25**	**0,74**	**0,17**	**0,49**

Tabla 8.2.2 Resultados de biomasa (µg l^{-1}) de los principales grupos del zooplancton en el muestreo de mayo 2017.

	NB 2.1	NB 2.2	NB 2.3	FB 2.1	FB 2.2	FB 2.3	LC 2.1	LC 2.2	LC 2.3
Copépodos	0,00	0,01	0,14	0,04	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00
Cladóceros	0,03	0,36	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00	0,02	0,35
Rotíferos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Larvas *Limnoperna fortunei*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	**0,03**	**0,37**	**0,14**	**0,09**	**0,02**	**0,09**	**0,02**	**0,02**	**0,35**

Tabla 8.2.3 Resultados de biomasa (µg l^{-1}) de los principales grupos del zooplancton en el muestreo de agosto 2017.

	NB 2.1	NB 2.2	NB 2.3	FB 2.1	FB 2.2	FB 2.3	LC 2.1	LC 2.2	LC 2.3
Copépodos	0,02	0,09	0,02	0,85	0,76	0,03	0,05	0,05	0,04
Cladóceros	0,00	0,02	0,00	0,10	0,04	0,04	0,07	0,02	0,07
Rotíferos	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Larvas *Limnoperna fortunei*	0,10	0,10	0,03	0,00	0,14	0,38	0,10	0,15	0,16
TOTAL	**0,12**	**0,21**	**0,05**	**0,96**	**0,96**	**0,45**	**0,23**	**0,22**	**0,27**

Tabla 8.2.4. Resultados de biomasa (µg l^{-1}) de los principales grupos del zooplancton en el muestreo de noviembre 2017.

	NB 2.1	NB 2.2	NB 2.3	FB 2.1	FB 2.2	FB 2.3	LC 2.1	LC 2.2	LC 2.3
Copépodos	0,14	0,02	0,55	SM	0,60	0,49	1,45	0,10	1,51
Cladóceros	0,00	0,13	0,05	SM	0,00	0,09	0,30	0,10	0,02
Rotíferos	0,00	0,00	0,00	SM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Larvas *Limnoperna fortunei*	0,55	0,51	1,83	SM	0,71	3,41	7,75	9,75	18,78
TOTAL	**0,69**	**0,67**	**2,43**	**SM**	**1,32**	**3,99**	**9,49**	**9,96**	**20,30**

1893

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Anexo 8.3 Zoobentos

Tabla 8.3.1. Biomasa de macroinvertebrados bentónicos (g y g m^{-2}) en Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas en febrero 2017.

	NB 1.1	NB 1.2	NB 1.3	NB 2.1	NB 2.2	NB 2.3	NB 3.1	NB 3.2	NB 3.3
Ampularidae	0,0012							0,0013	
Chironomidae	0,0027			0,0001					
Cochliopidae	0,0019			0,0010			0,0007	0,0001	0,0001
Corbiculidae	<LD		0,0088						
Frag. Oligoqueto							0,0001		
Lithoglyphidae	0,0611								
Mytilidae			0,0001		<LD				
Naididae	<LD								
Nemátodo	0,0101		<LD						
Oligoqueto			<LD	0,0015					
Ostrácodo								<LD	
Polycentropodidae			0,000014						
Total g	0,08		0,0089	0,0026			0,0008	0,0014	0,0001
Total g m^{-2}	1,10		0,1277	0,0373			0,01	0,0196	0,0016

	FB 1.1	FB 1.2	FB 1.3	FB 2.1	FB 2.2	FB 2.3	FB 3.1	FB 3.2	FB 3.3
Chironomidae		0,00	0,0001		0,00	0,0002		0,0004	
Cochliopidae		<LD					0,0023		<LD
Corbiculidae			0,0003				0,0174		
Frag. Oligoqueto	0,0036								
Mytilidae		21,1809	0,0021		21,4872	<LD	0,0010	13,8107	0,0097
Naididae		0,0021			0,0063				
Nemátodo	<LD				0,0001	<LD			
Oligoqueto				<LD			0,0017		
Total g	0,0036	21,18	0,0024		21,49	0,0002	0,0225	13,8111	0,0097
Total g m^{-2}	0,0523	304,37	0,03		308,83	0,00	0,3235	198,43	0,1397

	LC 1.1	LC 1.2	LC 1.3	LC 2.1	LC 2.2	LC 2.3	LC 3.1	LC 3.2	LC 3.3
Ampularidae				0,0071			0,1077		
Chironomidae	0,0007			0,0004	0,0006		0,0037		
Cochliopidae	0,0270		0,0499	0,0039			0,0147	0,0194	
Corbiculidae	2,3822	0,0001		0,0005			0,0028	0,0009	
Frag. Oligoqueto	0,0005		0,0000						
Leptoceridae	0,0001								
Mytilidae	0,0038			0,0109			0,0001	0,0016	
Naididae				<LD		0,0003			
Nemátodo	<LD						<LD		
Oligoqueto							0,00028		
Total g	2,4142	0,0001	0,0500	0,0228	0,0006	0,0003	0,1293	0,0218	
Total g m^{-2}	34,69	0,0009	0,7180	0,3276	0,0080	0,0040	1,86	0,3139	

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

UKAS TESTING
1893

Tabla 8.3.2. Biomasa de macroinvertebrados bentónicos (g y g m^{-2}) en Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas en mayo 2017.

	NB 1.1	NB 1.2	NB 1.3	NB 2.1	NB 2.2	NB 2.3	NB 3.1	NB 3.2	NB 3.3
Chironomidae	0,0002						0,0008		
Corbiculidae				0,0011			0,0001		
Gomphidae	0,0002			0,0001			0,0000		
Heleobia	0,0124			0,0008			0,0252		
Mytilidae	0,0070			0,0308			0,0016		
Naididae	0,0013						0,0025		
Total g	0,02			0,0327			0,0302		
Total g m^{-2}	0,30			0,4699			0,43		

	FB 1.1	FB 1.2	FB 1.3	FB 2.1	FB 2.2	FB 2.3	FB 3.1	FB 3.2	FB 3.3
Chironomidae	0,0003			0,0008			0,0001		
Total g	0,0003			0,0008			0,0001		
Total g m^{-2}	0,0045			0,0112			0,0019		

	LC 1.1	LC 1.2	LC 1.3	LC 2.1	LC 2.2	LC 2.3	LC 3.1	LC 3.2	LC 3.3
Chironomidae	0,0000			0,0001			0,0003		
Corbiculidae				0,0000					
Frag. Oligoqueto	<LD						0,0008		
Heleobia	0,0041			0,0274			0,0229		
Naididae				0,0025					
Potamolithus				0,0555					
Total g	0,0042			0,0854			0,0240		
Total g m^{-2}	0,06			1,2275			0,34		

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

UKAS TESTING
1893

Tabla 8.3.3. Biomasa de macroinvertebrados bentónicos (g y g m^{-2}) en Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas en agosto 2017.

	NB 1.1	NB 1.2	NB 1.3	NB 2.1	NB2.2	NB 2.3	NB 3.1	NB 3.2	NB 3.3
Chironomidae	0,0006	0,0003		0,0007			0,0003657	0,00025	
Total g	0,00	0,0003		0,0007			0,0004	0,0003	
Total g m^{-2}	0,01	0,0049		0,0096			0,01	0,0036	

	FB 1.1	FB 1.2	FB 1.3	FB 2.1	FB 2.2	FB 2.3	FB 3.1	FB 3.2	FB 3.3
Ampularidae							<LD		
Chironomidae	0,0019			0,0025			0,0004	0,0011	0,0003
Corbiculidae	<LD								
Heleobia	0,0006			0,0102			0,0080		
Mytilidae	0,0001	8,4700		0,0011	8,7340		0,0052		
Naididae	0,0015			0,0122			0,0003		
Potamolithus							0,0467		
Total g	0,0042	8,47		0,0260	8,73		0,0607	0,0011	0,0003
Total g m^{-2}	0,0597	121,70		0,3729	125,49		0,8717	0,02	0,0045

	LC 1.1	LC 1.2	LC 1.3	LC 2.1	LC 2.2	LC 2.3	LC 3.1	LC 3.2	LC 3.3
Chironomidae	0,0003	0,0006		0,0008			0,0027		0,0031
Corbiculidae				3,0774				1,9090	
Total g	0,0003	0,0006		3,0782			0,0027	1,9090	0,0031
Total g m^{-2}	0,00	0,0082		44,2267			0,04	27,4282	0,0450

1893

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Tabla 8.3.4 Biomasa de macroinvertebrados bentónicos (g y g m^{-2}) en Nuevo Berlín, Fray Bentos y Las Cañas en noviembre 2017.

	NB 1.1	NB 1.2	NB 1.3	NB 2.1	NB 2.2	NB 2.3	NB 3.1	NB 3.2	NB 3.3
Heleobia					0,0001				
Alluroididae	0,0032								
Chironomidae	0,0001	0,0015		0,0035	0,0004	0,0006	0,0001	0,0012	0,0002
Cochliopidae	0,0020								
Coenagrionidae				0,0006					
Corbiculidae								<LD	
Frag. Oligoqueto	0,0013		0,0003				0,0015	0,0002	
Heleobia	0,0046				0,0002				0,0002
Mytilidae		0,0019	0,0000	0,0009		0,0070		0,0013	0,0007
Naididae					0,0009			0,0042	
Nemátodo					0,0000				
Total g	0,01	0,0034	0,0003	0,0051	0,0016	0,0076	0,0016	0,0068	0,0012
Total g m^{-2}	0,16	0,0488	0,0040	0,0728	0,0231	0,1087	0,02	0,0982	0,0165

	FB 1.1	FB 1.2	FB 1.3	FB 2.1	FB 2.2	FB 2.3	FB 3.1	FB 3.2	FB 3.3
Caenidae							0,0002		
Chironomidae	0,0013		0,0003	0,0006	0,0005		0,0001		0,0001
Cochliopidae				0,0038					
Coenagrionidae	0,0039								
Corbiculidae	0,0005			<LD				0,0001	
Frag. Oligoqueto		0,00		0,0003	0,0015				
Glossiphoniidae				0,0010					
Heleobia	0,0127	0,00	0,0001	0,0014				0,0019	
Hidracaina				0,0004					
Hyalellidae					0,0000				
Limnogtheridae				0,0000					
Lithoglyphidae	0,0693								
Mytilidae	0,0006	14,6649	0,0030	0,0056	9,0338	0,0003		0,0003	
Naididae	1,0030	0,1026	0,0504	0,0015	0,0104		0,0368		<LD
Total g	1,0914	14,77	0,0538	0,0144	9,05	0,0003	0,0371	0,0023	<LD
Total g m^{-2}	15,6812	212,18	0,77	0,2069	129,98	0,00	0,5329	0,03	<LD

	LC 1.1	LC 1.2	LC 1.3	LC 2.1	LC 2.2	LC 2.3	LC 3.1	LC 3.2	LC 3.3
Alluroididae					0,0002				
Caenidae								0,0001	
Chironomidae	0,0017	0,0005		0,0006	0,0001		0,0052		0,0004
Corbiculidae	0,0496	0,0103		3,0784				1,9091	
Frag. Oligoqueto								0,0002	
Ghneideidae								<LD	
Heleobia	<LD			0,0019	0,0030	0,0000	0,0135	0,0068	
Lithoglyphidae							0,1008		
Mytilidae	0,0379					<LD			
Naididae	0,0419	0,0014		0,1314	0,0526		0,0261	0,0051	0,0016
Nemátodo	0,0004				<LD		<LD		
Total g	0,1315	0,0122		3,2123	0,0556	<LD	0,1456	1,9213	0,0021
Total g m^{-2}	1,8896	0,1752		46,1537	0,7983		2,09	27,6049	0,0298

ND= No detectado

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

UKAS TESTING
1893

La inclusión del logo UKAS (United Kingdom Accreditation Service) en el presente informe, demuestra el reconocimiento de la competencia técnica del laboratorio para la realización de los ensayos incluidos en el alcance de la acreditación obtenida y el cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO 17025 como Laboratorio de Ensayo."

(*) Los ensayos marcados con asterisco no están incluidos en el alcance de la acreditación otorgada por el Organismo Acreditador UKAS.

La fecha de realización de cada ensayo figura en la planilla correspondiente a la cual hace referencia este informe. Los datos sobre el solicitante y la muestra se encuentran en la carátula del presente informe. Los resultados del ensayo se refieren exclusivamente a la muestra ensayada. Este Informe sólo podrá ser reproducido parcial o totalmente con la autorización previa escrita del LATU.

El presente informe sólo será válido en su versión electrónica firmada digitalmente.

Se expide el presente Informe de Ensayo en Montevideo, a los veinte días del mes de julio de dos mil diecisiete.

Quím. Farm. Patricia Baklayan
Jefe de Departamento Calidad de Agua y Evaluación Ambiental
LATU

LABORATORIO TECNOLOGICO DEL URUGUAY
Avda. Italia 6201 / C.P. 11500 MONTEVIDEO - URUGUAY - Tel.: (598) 2601 3724*
Parque Industrial - Barrio Anglo - FRAY BENTOS - RIO NEGRO
Tel.: 4562 0638 / 0639 - www.latu.org.uy - atencionalcliente@latu.org.uy

Firmado digitalmente por: MARGARITA TERESA BATTHYANY NUÑEZ
Fecha y hora: 23.07.2018 09:18:28