

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS DEL RÍO SANTA CRUZ (PRESIDENTE DR. NÉSTOR C. KIRCHNER Y GOBERNADOR JORGE CEPERNIC), PROVINCIA DE SANTA CRUZ

ACTUALIZACIÓN

CAPÍTULO 3 – LÍNEA DE BASE AMBIENTAL Y ESTUDIOS ESPECIALES

PUNTO 13 – ESTUDIO LIMNOLÓGICO, CALIDAD DE AGUA Y ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

13 ESTUDIO LIMNOLÓGICO, CALIDAD DE AGUA Y ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS	3
13.1 INTRODUCCIÓN	3
13.2 METODOLOGÍA	8
13.2.1 Mediciones in situ	8
13.2.2 Análisis hidroquímicos para tipificación y calidad de agua	9
13.2.3 Análisis comunidades biológicas	10
13.2.4 Bioseguridad	11
13.2.5 Análisis ecológico de las comunidades de macroinvertebrados	13
13.2.6 Comparación de resultados con estudio línea base marzo y julio 2015	13
13.3 DESCRIPCIÓN SITIOS DE MONITOREO	14
13.4 RESULTADOS	22
13.4.1 Parámetros medidos in situ	22
13.4.2 Caracterización hidroquímica incompleto	31
13.4.3 Resultados bacteriológicos	34
13.4.4 Fitoplancton	34

13.4.5	Fitobentos	44
13.4.6	Zooplancton	51
13.4.7	Macroinvertebrados	56
13.4.8	Población de <i>Didymosphaenia geminata</i>	64
13.4.9	Calidad de agua	64
13.5	CONCLUSIONES	65
13.6	IMPACTOS DE LAS OBRAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	69
13.7	EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES LIMNOLÓGICAS	69
13.8	COMENTARIOS FINALES Y RECOMENDACIONES	69
13.9	BIBLIOGRAFÍA	70

13 ESTUDIO LIMNOLÓGICO, CALIDAD DE AGUA Y ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

13.1 INTRODUCCIÓN

Como parte del EIA de los Aprovechamientos Hidroeléctricos del río Santa Cruz (Serman & asociados s.a., 2015a para Represas Patagonia) se llevó adelante la caracterización limnológica del sistema lago Argentino-río Santa Cruz (Calidad de Agua, Comportamiento Térmico, Plancton y Fauna Bentónica), la cual se presentó como parte del Punto 6 del Capítulo 4: Línea de Base Ambiental del citado informe (ver Punto 1 - Anexo I del presente Capítulo). En este marco se realizó una primera campaña de campo entre el 29 de marzo al 4 de abril del 2015 considerando las siguientes 8 estaciones de muestreo:

- Estación 1 - Lago Argentino - Brazo Sur
- Estación 2 - Lago Argentino - El Calafate
- Estación 3 - Lago Argentino - Este (próximo a la naciente del río Santa Cruz)
- Estación 4 - Río Santa Cruz - Ruta 40 (área de cola de embalse NK)
- Estación 5 - Río Santa Cruz - Eje NK
- Estación 6 - Río Santa Cruz - Cola JC
- Estación 7 - Río Santa Cruz - Eje JC
- Estación 8 - Río Santa Cruz - Ruta 3 (Piedrabuena, punto de salida del sistema)

Como parte de dicha campaña se exploró visualmente la presencia de macrófitos litorales, con resultados negativos, no existiendo antecedentes al respecto.

Teniendo en cuenta el régimen de variabilidad estacional, se determinó la necesidad de realizar una campaña de observaciones y de muestreos, en el período invernal, con el objetivo de complementar la información obtenida a fines de verano en la primera campaña. Los resultados obtenidos durante esta segunda campaña fueron considerados para la valoración de impactos, definición de medidas de mitigación y confección de lineamientos de los programas de gestión ambiental del EIA. Los resultados de esta campaña fueron presentados como una Adenda al EIA (Serman & asociados s.a., 2015b para Represas Patagonia) (ver Punto 1 - Anexo II del presente Capítulo). Los trabajos se realizaron del 10 al 19 de julio considerando los mismos sitios de reconocimiento y muestreo de la primera campaña.

Para caracterizar la calidad del agua se analizaron aniones y cationes mayoritarios, metales pesados, HTP, agroquímicos y PCBs.

En base a los resultados se pudo concluir que las aguas del sistema lago Argentino - río Santa Cruz, por los tenores de los analitos encontrados en las muestras y por las condiciones limnológicas, son de muy buena calidad. Teniendo en cuenta además, los usos potenciales del agua (utilización por los organismos, acuicultura, consumo humano, del ganado, riego y usos industriales) pueden calificarse como muy aptas, teniendo en cuenta lo establecido en el Decreto 04/96 del Gobierno de la Provincia de Santa Cruz y los estándares propuestos por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina, que son coherentes con las formulaciones internacionales de organismos como EPA, Unión Europea y otros, para las aguas superficiales.

Se trata de un ambiente ultraoligotrófico, que no puede ser modificado de su condición actual sino por disturbios de magnitud mayor (vertido de efluentes cloacales de gran escala, aumento de las urbanizaciones, instalación de plantas con vertido de surfactantes u otras).

Los resultados obtenidos en la segunda campaña, realizada en julio de 2015, ratificaron los resultados obtenidos en la campaña de verano, en el sentido de afirmar que la calidad de las aguas del sistema Lago Argentino - río Santa Cruz son de excelente calidad, por no haber registrado la presencia de sustancias tóxicas tales como hidrocarburos totales del petróleo, compuestos fitosanitarios ni metales pesados.

Como parte de los trabajos se realizaron perfiles térmicos en el lago Argentino. En tal sentido, el lago Argentino se caracteriza por la presencia de dos gradientes: uno zonal en sentido O-E, y otro vertical, de superficie a profundidad, sin una termoclina marcada.

Según Quirós y Drago (op.cit.) para 33 lagos patagónicos, en aquellos lagos que poseen termoclina, la misma se encuentra generalmente entre 15 y 40 metros de profundidad. El estudio de Baigún y Marinone (1995) encontró la termoclina del lago Argentino a 88 m de profundidad, lo que señala una situación infrecuente en estos lagos. Podría ocurrir que el agua de deshielo, por su baja temperatura, esté circulando por el brazo sur del Argentino en profundidad hacia el Este, hipótesis que podrá ser objeto de futuros estudios.

Las mediciones de oxígeno disuelto tanto en superficie, como en perfiles verticales, dan cuenta que las aguas se encuentran en todo el lago en condición próxima a la saturación, aun en las capas profundas, como es normal en lagos andinopatagónicos (Bonetto et al. 1971).

Para el estudio del fitoplancton se realizó el análisis cualitativo y cuantitativo de un concentrado de 200 litros de agua, filtrado con red de plancton de 10 μm de apertura de malla. En el lago Argentino, el fitoplancton, en baja densidad (entre 400 y 450 ind.L⁻¹), estuvo integrado por seis grupos taxonómicos: Cyanobacteria, Chlorophyta, Bacillariophyta, Dinophyta, Cryptophyta y Rhodophyta. Los grupos taxonómicos registrados a lo largo del curso del río Santa Cruz fueron los mismos que los observados en el lago Argentino, teniendo en común los taxones de algas más abundantes. Hubo un claro gradiente longitudinal O-E con reducción de la densidad de Chlorophyta y de Cyanobacteria, e incremento de Bacillariophyta y de Dinophyta desde el Lago hasta la estación del río ubicada en el este, en la intersección de la ruta tres (en Piedrabuena). El fitoplancton del río presentó formas meroplanctónicas, evidenciando su régimen turbulento, con flujo rápido y claro aumento en la densidad de algas, que pasó de registros próximos a los 400 ind.L⁻¹ a 780 ind.L⁻¹ en el tramo próximo a la localidad de Piedrabuena.

Durante la segunda campaña no se adicionaron especies a las ya mencionadas. Se observó una densidad del fitoplancton baja. Para el lago se registró aproximadamente la tercera parte de las reportadas en el muestreo de verano. Sólo tres grupos taxonómicos estuvieron presentes, a diferencia de los seis observados en el muestreo de marzo/abril. A su vez, cada uno de ellos con menor número de especies, manteniéndose la dominancia de los grupos registrados anteriormente: Chlorophyta > Bacillariophyta > Dinophyta. En el río se registraron cuatro grupos taxonómicos: Chlorophyta, Bacillariophyta, Dinophyta y Rhodophyta, similar a lo encontrado en el lago, agregándose aquí Rhodophyta, con especies filamentosas (*Audouinella* sp.) estas algas rojas se incrementaron aguas abajo, presentando gran mayoría diatomeas pennadas epífitas. En general a lo largo del curso del río Santa Cruz, el fitoplancton se caracterizó por presentar los mismos taxones observados en el lago, con diferencias en el porcentaje de participación.

Para el análisis del zooplancton se extrajeron 200 litros de agua de cada punto de muestreo que fueron filtrados en una red 55 μ de apertura de malla. La abundancia del zooplancton en el lago Argentino, fue muy baja en el Brazo Sur con 0,87 ind. L⁻¹ y creciente hacia el (El Calafate) con 7,68 ind. L⁻¹. En la estación Este, próxima a la boca del río Santa Cruz fue menor de 3 individuos por litro. En el río Santa Cruz, en el área de la futura presa NK, el zooplancton fue más abundante alcanzando a 11,66 ind. L⁻¹ manteniéndose concentraciones semejantes, o levemente inferiores en el área de la futura presa JC.

La riqueza específica (número de taxa) varió entre 2 y 7. Mayor número de taxa fue observado en el eje de la futura presa NK; sin embargo en la Boca de este río y en el eje de JC la riqueza fue menor de 5 especies debido posiblemente a la velocidad de la corriente.

El zooplancton del sistema lago Argentino-río Santa Cruz, tuvo en el muestreo realizado, un gradiente de incremento en la riqueza de especies y en la abundancia, en el sentido O-E, señalando la vectorialidad de la circulación del agua desde el glaciar hasta el tramo bajo del río.

La colectividad está dominada por organismos de alta tasa de renovación (rotíferos) donde probablemente los peces ejercen un intenso efecto predatorio sobre el escaso zooplancton tal como se registrara en otros lagos del Sur argentino. Sin embargo las características físicas, especialmente temperatura baja y químicas (baja concentración de nutrientes) del agua resultan determinantes de la configuración actual de la colectividad.

En el invierno, en el lago Argentino la abundancia del zooplancton fue nula en el estrato superficial. En igual sentido en la zona donde se emplazará la Presa Néstor Kirchner, el zooplancton disminuyó casi 100% con menos de un individuo por litro. En el río Santa Cruz la abundancia fue nula en los sitios Cola Jorge Cepernic con escasos individuos en río Sta. Cruz estación Piedrabuena (menos de un individuo por litro). La riqueza (número de taxa) varió entre 0 y 5 correspondiendo al Lago Argentino y del río al río Santa Cruz en estación Ruta 40, respectivamente. En general la riqueza disminuyó más de 50% respecto de los valores registrados en marzo del mismo año en todos los sitios considerados.

Como era de esperar, no se encontraron especies indicadoras de condición eutrófica, por el contrario, las características de la colectividad es coherente con la de los ambientes oligotróficos o ultraoligotróficos.

Respecto de la fauna bentónica, en el río Santa Cruz hay al menos tres diferentes tipos de hábitat para los invertebrados: beriles de banco, bolsones o bahías, área litoral del curso (1, 2 y 3) por presentar diferencias en la velocidad de la corriente, el tipo de sustrato, el tiempo de permanencia del suelo inundado y el grado de colonización por el biofilm. En estos tres ambientes fueron realizadas las colectas (n=18) para la caracterización.

En el muestreo realizado en verano se encontraron en total 14 familias de invertebrados de las cuales solo 4 familias fueron colectadas en los hábitats con mayor velocidad de la corriente (Hábitat 1), 6 familias en los Hábitat tipo 2 y 11 familias en los hábitats con sedimentos compuestos por arenas gruesas y rico biofilm (Hábitat 3). La tasa de cambio entre hábitat fue alta (56%) de la riqueza de taxa (familias) de invertebrados.

En los tres tipos de hábitat, oligoquetos (Naididae) y las larvas de mosquitos no picadores de la familia Chironomidae fueron abundantes y tuvieron alta frecuencia. La composición de las colectividades bénticas varió en los distintos tipos de hábitat. Naididae y Chironomidae representaron en promedio el 41 y 47% del total en el Hábitat 1. Las larvas depredadoras de Empididae (Insecta, Diptera) adaptadas a vivir en hábitat de aguas corrientes solo se encontraron en este hábitat y representaron el 6% del total de la colectividad. En los hábitat tipo 2 se encontró la mayor abundancia de ninfas de efemerópteros de las familias Baetidae (33% del total) y Leptophlebiidae. Las larvas del coleóptero Elmidae y las de los dípteros Tipulidae fueron abundantes en los hábitat tipo 2 con 17 y 8% del total, respectivamente y alta frecuencia de ocurrencia. En los hábitat tipo 3 además de las familias dominantes (Naididae y Chironomidae) se registraron en similares proporciones (6% del total) un anfípodo (*Hyalella* sp.) y el molusco *Lymnaea*.

Se pudo inferir la utilización potencial del hábitat por los invertebrados a partir de las muestras analizadas en dicho estudio, para los diferentes grupos funcionales. Los invertebrados recolectores que utilizan la materia orgánica que se deposita en el biofilm comprendieron entre 42% y 88 % de la abundancia total dependiendo del tipo de hábitat. Los invertebrados raspadores fueron el grupo dominante (50%) del total en el hábitat tipo 2 con el molusco *Lymnaea*, las larvas de Elmidae y las ninfas de efemeróptera. Los colectores filtradores y los partidores conforman un grupo que no aporta mayoritariamente a la abundancia total de los invertebrados y que solo estuvo presente y en baja proporción en el hábitat 3. Esto se explica porque en los últimos miles de años, el río no tiene aportes orgánicos importantes, ya que los caudales dependen casi exclusivamente de deshielo, con menor aporte de lluvias locales. La relación entre partidores y colectores fue baja en los tres tipos de hábitat (0,011, 0,019 y 0,012 en los hábitat 1, 2 y 3 respectivamente) lo que indica que durante el periodo de muestreo la materia orgánica particulada gruesa no es una fuente de alimento disponible. El cociente entre colectores-filtradores y recolectores fue muy bajo (0, 0 y 0,04 en los hábitat 1, 2 y 3, respectivamente) lo que indica que los invertebrados no utilizaron el material transportado por la corriente en suspensión, sino preferente el depositado. El cociente raspadores/partidores+colectores fue más alto en los hábitat tipo 2 (valor del índice 1) respecto del hábitat 3 (0,0128) lo que indica que en los primeros hay una importante participación de las algas del biofilm en la alimentación de los invertebrados. En las muestras del hábitat 1 este índice fue 0 lo que corrobora la escasez de biofilm detectado en todas las muestras.

A pesar que la época de máxima creciente no permite encontrar el espectro completo de la biodiversidad de invertebrados, en razón del efecto mecánico del flujo rápido, que modifica las condiciones del hábitat de los invertebrados, se encontraron muchas familias que habitualmente están mencionadas para los ríos de la Patagonia a excepción de las del orden Plecoptera que no fueron registradas. La alta proporción de Naididae y la presencia de copépodos se relacionó con el tamaño de malla de la red utilizada (250 μm) la cual es más eficiente que las mallas de 400 μm utilizadas en relevamientos previos en este río y permite coleccionar a invertebrados de tamaño más pequeño.

La corriente rápida y algo de turbidez del río Santa Cruz posiblemente sean determinantes de mallas tróficas cortas, basadas en el material depositado y de la baja proporción de los colectores filtradores. En las muestras del hábitat 3 se localizan una alta proporción de taxa que habitualmente viven en el río Santa Cruz y que son oferta trófica para los peces.

La integración de la colectividad del Bentos de los hábitat considerados en el río Santa Cruz, se corresponde con la propia de ambientes de flujo rápido, con buena oxigenación, en los que la baja disponibilidad de nutrientes es compensada, en parte, por flujo rápido del agua. Esta circunstancia parece explicar la riqueza de la colectividad, siendo que el sistema lago Argentino - río Santa Cruz pueda ser asignado con condiciones propias de las aguas ultraoligotróficas.

Otro aspecto relevante es que el listado taxonómico de los invertebrados y su proporción, dio cuenta que no hay alteraciones debidas a cargas contaminantes.

Los invertebrados del río Santa Cruz dependen a su vez de la abundancia de algas o materia orgánica, y de la presencia o ausencia de predadores-clave. A su vez, toda esta malla de interacciones, aparece condicionada por la dinámica del flujo en los distintos hábitat bénticos. En este sentido, los hábitats de mayor sensibilidad se encuentran en la estrecha zona litoral del río Santa Cruz, lo que deberá considerarse en el análisis del caudal ecológico, aguas abajo de los embalses.

En el muestreo de invierno se encontraron en total 7 familias de invertebrados que fueron colectadas en la estación de muestreo Ruta 40, en las proximidades de Estancia El Rincón, correspondiendo al área que ocupará el futuro embalse NK. A excepción de copépodos (Harpacticoidea) no se encontraron invertebrados en el curso del río y no se registró ninguna taxa debajo de las áreas cubiertas por nieve. A diferencia del muestreo realizado en Marzo con la misma técnica y la misma unidad de esfuerzo, no se registraron larvas de Empididae, Simuliidae y Tipulidae (Insecta, Diptera) ni larvas del tricóptero *Smicridea*.

En este contexto, en el marco del EIA original surgió como recomendación la necesidad de realizar un estudio ecohidrológico que permitiera el conocimiento objetivo y más preciso posible respecto de los impactos que producirá las presas sobre los componentes bióticos del sistema y en base al cual definir o ajustar los monitoreos limnológicos determinados para el proyecto. Este aspecto fue ratificado por el Dictamen Técnico emitido por la Comisión Evaluadora del proyecto que requirió la instalación de una red de monitoreo hidroambiental (RHM) que contemple, entre otros requisitos, estaciones de muestreo limnológicas manuales (no fijas). De modo similar fue considerada en las recomendaciones del Ministerio de Ambiente de la Nación que luego fueron plasmadas en una ampliación del contrato entre la UTE y por el MINEM, la necesidad de dar continuidad a los estudios realizados en la LBA del EIA del proyecto original.

En respuesta a tales requerimientos la UTE ha encargado la realización del estudio limnológico, de calidad del agua y especies exóticas invasoras del río Santa Cruz considerando los siguientes aspectos (Especificaciones Técnicas Ambientales solicitadas por Represas Patagonia):

- Completar la línea base limnológica.
- Caracterizar hidroquímicamente la Cuenca del Río Santa Cruz.
- Evaluar calidad de agua de la Cuenca del Río Santa Cruz.
- Caracterizar la estructura y dinámica de las comunidades bentónicas (fitobentos y zoobentos) y planctónicas (fitoplancton y zooplancton) de la Cuenca del Río Santa Cruz.
- Determinar calidad de agua para biota acuática según índices biológicos (diatomeas y macroinvertebrados).
- Monitorear sistemáticamente de la evolución de las condiciones limnológicas de la Cuenca del Río Santa Cruz.
- Identificar y evaluar impactos de las obras sobre la trama trófica de las comunidades bentónicas y planctónicas de la Cuenca del Río Santa Cruz (incluyendo las relaciones interespecíficas y correlaciones físico químicas y biológicas), productividad biológica, sus ecosistemas y biodiversidad, como consecuencia de los cambios en las condiciones limnológicas identificados.
- Identificar impactos y medidas de prevención, mitigación y compensación sobre los servicios ecosistémicos de la Cuenca del Río Santa Cruz.
- Realizar el estudio sobre el *Didymosphaenia geminata* (presencia - ausencia, porcentaje de cobertura).
- Desarrollo de medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos, con el fin de evitar la proliferación del *Didymosphaenia geminata*.

Para realizar este trabajo la UTE ha contratado a la Dra. Patricia Peralta (y equipo) quienes realizaron nuevas campañas durante el verano de 2017 para la caracterización de la calidad del agua y los componentes de comunidades bentónicas y planctónicas del río Santa Cruz.

Este trabajo se extendió a lo largo de todo el río Santa Cruz, es decir desde su nacimiento en el Lago Argentino hasta el estuario, considerando las siguientes 13 estaciones de muestreo.

- Estación LA1 - Lago Argentino - Altura Calafate
- Estación LA2 - Lago Argentino - Próximo a la naciente del Río Santa Cruz
- Estación LL3 - Río La Leona - Altura Puente Ruta 40
- Estación SC4 - Río Santa Cruz - Estación Charles Führ
- Estación SC5 - Río Santa Cruz - Aguas arriba eje NK
- Estación SC6 - Río Santa Cruz - Cordón Alto
- Estación SC7 - Río Santa Cruz - Eje JC
- Estación SC8 - Río Santa Cruz - Estancia La Lucía
- Estación SC9 - Río Santa Cruz - Ruta 3
- Estación SC10 - Río Santa Cruz - Aguas abajo Planta de Tratamiento
- Estación SC11 - Río Santa Cruz – Desembocadura
- Estación RCH12 - Río Chico - Altura Puente Ruta 3
- Estación PQ13 - Punta Quilla - Entrada Estuario

El trabajo de campo se llevó a cabo en dos etapas debido a las condiciones climáticas. La primera, se desarrolló entre los días 10 y 12 de Noviembre de 2016 y estuvo a cargo de dos profesionales y dos técnicos de campo del equipo de la Dra. Peralta, con el apoyo y colaboración de personal de la UTE y de la Inspección. En la misma se llevó a cabo la toma de muestras en sistemas lóticos de comunidades biológicas, muestras de agua para las determinaciones físico químicas de laboratorio y mediciones in situ.

La segunda etapa consistió en el monitoreo del Lago Argentino (físico químicos, clorofila, zooplancton, fitoplancton, mediciones in situ, perfiles verticales de pH, CE y OD) y toma de muestras destinadas a determinaciones de DBO, DQO, bacteriológicos y clorofila en todos los sitios de los sistemas lóticos, por parte de personal de la UTE, entre los días 1 y 2 de diciembre.

13.2 METODOLOGÍA

13.2.1 Mediciones in situ

Todos los sitios fueron georreferenciados. En los mismos se llevó a cabo la medición de los siguientes parámetros:

- Profundidad Total con ecosonda GARMIN FF160 COLOR, en los sitios del Lago Argentino. La misma cuenta con doble haz para un mejor rendimiento en aguas poco profundas (hasta 1 m de fondo) lo que hace posible determinar profundidad total y dureza del fondo.
- Transparencia con disco de Secchi.
- Temperatura del agua y Conductividad Eléctrica con Termoconductímetro marca Thermo Russel RL060C Portable Cond Meter.
- pH con pHmetro marca Denver Instrument UP -10
- Oxígeno Disuelto con sonda multiparámetro marca Hach modelo LDO10101.
- Anchura del lecho húmedo del río con distanciómetro Leica
- En el sistema léntico las mediciones se realizaron mediante la toma de muestras con Botella Van Dorn.
- En todos los sitios se describió tipo de sustratos mediante el método varilla de sonido (EPA - Collins y Flotemersch, 2014).

13.2.2 Análisis hidroquímicos para tipificación y calidad de agua

En el Lago Argentino las muestras de agua se colectaron con botella Van Dorn a una profundidad de 0,5 m. Los envases fueron previamente rotulados con la identificación correspondiente. Una vez colectadas, las mismas fueron conservadas en coolers a 4°C y posteriormente en refrigerador hasta el envío vía terrestre con la correspondiente cadena de custodia al Laboratorio Alex Stewart S.A. (Mendoza). Las mismas arribaron al laboratorio en un plazo de 96 hs. En perfecto estado de preservación.

En este laboratorio se realizaron las siguientes determinaciones:

Determinación Analítica	Método
Sólidos Totales Suspendidos Dureza (SM 2340-B)	Secados a 103-105 °C (SM-2540-D)
Calcio	(SM-3120-B-ICP)
Magnesio	(SM-3120-B-ICP)
Sodio	SM-3120-B-ICP
Potasio	(SM-3120-B-ICP)
Turbidez	(SM 2320-B)
Bicarbonatos	(SM-4500-CI-D)
Cloruros por Potenciometría	(SM-4500-P-C) Método Colorimétrico del ácido fosfomolibdico
Fosfatos	(SM-4500-P-B.3/C)
Fósforo Total	(SM-4500-NO3-E)
Nitratos	(SM-4500-NH3-B-C/E)
Amoníaco	(SM-4500-NO2?-B)
Nitritos	Método gravimétrico (SM500.SO4=C)
Sulfatos	(SM-4500-H+)
pH	(SM 2510-B)
Conductividad Específica	(SM-5520-F)
Hidrocarburos Totales en Agua	EPA 5021 A / 8015 C
BTEX	Elementos ICP-OES en soluciones con SDT < 5%
Metales Disueltos: Determinación de 32	

Las muestras de agua destinadas a la determinación de Clorofila a y de grupos bacteriológicos correspondientes a *Escherichia coli* (Método SM 9221 B/F) y *Streptococcus fecales* (Método SM 9230 B) fueron enviados al laboratorio Grupo INDUSER S.R.L. (Buenos Aires).

Las muestras de agua correspondientes a análisis de DBO, DQO, Coliformes fecales, Coliformes Totales y Bacterias termorresistentes fueron en viadas al Laboratorio ACON (Río Gallegos), con las siguientes metodologías: C.A.A 9221-A Coliformes Totales, C.A.A 9221-B Coliformes Totales, C.A.A 9221-C Coliformes Fecales, C.A.A 9221-D Coliformes Fecales- Coliformes Totales, C.A.A 9213 -f Pseudomonas.

En estos laboratorios el material fue receptado en un plazo de 24 hs.

Para la evaluación de calidad de agua, se tuvieron en cuenta los valores guía para vida acuática, agua para consumo humano, agua para consumo del ganado, agua para riego de cultivos y agua para uso industrial según lo establecido por el Decreto 04/96 del Gobierno de la Provincia de Santa Cruz, Decreto 831 (1993), Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina, Organización Mundial de la Salud (OSM), Concilio Canadiense de Ministros Ambientales (CCME) de Canadá y Normas estadounidenses (EPA).

13.2.3 Análisis comunidades biológicas

En todos los sitios se realizó la toma de muestras para análisis de fitoplancton y zooplancton.

La toma de muestras para este grupo de organismos en los sistemas lóticos se llevó a cabo lo más alejado posible de la zona litoral (hacia el centro del río), sin riesgo para los operadores.

No se pudo realizar la toma de muestra mediante embarcación, debido al bajo caudal (según lo informado por personal de náutica).

13.2.3.1 Fitoplancton y Zooplancton

Para el análisis cualitativo de la comunidad fitoplanctónica se realizó arrastre con red de 20 micras de poro, posteriormente conservada con formalina en frasco de 250 ml.

Para el análisis cuantitativo de Fitoplancton se tomaron 100 ml de agua por duplicado, fijadas con Lugol, (APHA, 1995).

El recuento de fitoplancton se llevó a cabo en cubetas de sedimentación mediante el uso de microscopio invertido, hasta alcanzar el coeficiente de variación de 10 % (APHA, 1995). Se realizó la cuantificación de todas las algas presentes unicelulares y pluricelulares. Los resultados de abundancia se expresan en células por mililitro (cél/ml).

Las muestras de zooplancton fueron extraídas mediante el filtrado de 200 lts de agua a través de una red de 45 µm de abertura de malla. Las mismas se conservaron con formol al 4 %.

Los recuentos de zooplancton se realizaron con cámara de Sedgewick-Rafter de 1 ml de capacidad en microscopio binocular, hasta alcanzar un coeficiente de variación de 10 % (APHA, 1995). Los resultados se presentan en número de individuos por metro cúbico (ind.m3).

La identificación taxonómica de las algas se realizó a nivel genérico específico, mediante bibliografía específica por grupos: Diatomeas (Patrick and Reimer, 1966; 1975; Germain, 1981; Hartley, 1996), Cianobacterias (Geitler, 1967; Komárek and Anagnostidis, 2005) Clorófitas y otras (Bourrelly; 1968, 1970, 1972), entre otros.

Para el zooplancton, Rotíferos (Ruttner Kolisko, 1974), Copépodos (Bayly, 1992; Dussart, 1979, Reid, 1985), entre otros.

13.2.3.2 Fitobentos

13.2.3.2.1 *Didymosphaenia geminata*

En todos los sitios de monitoreo se realizó una inspección visual con recorridos de 200 a 300 metros con el fin de observar la presencia de *Didymosphaenia*.

Tanto como en los estudios previos (Serman & asociados s.a., 2015a para Represas Patagonia) como en el presente relevamiento, no se detectó presencia de esta alga invasora, por lo cual no se aplicó la metodología propuesta:

“En caso de observar la presencia del alga (masa mucilaginoso) se georreferenciará el sitio y se estimará el porcentaje de cobertura. Para ello, se seleccionará un tramo de 50 metros, en el cual se fijarán transectas perpendiculares a la margen del río hasta una profundidad de 0,60m para la toma de muestras y analizar posteriormente microscópicamente. La distancia entre transectas dependerá de la accesibilidad al río y seguridad de los operadores.

La toma de muestras se realizará con elementos de superficie conocida sobre los diferentes sustratos (*epilíton, episamón, perifíton*) y serán integradas en tubos fijados con formaldehído al 4%. En caso de floraciones de *Didymo* la muestra se tomará con volumen conocido (1 cm^3). *Idem conservación*". (Díaz *et al.*, 2011).

Para el análisis de la comunidad fitobentónica, se colectaron muestras del sustrato natural sumergido, atendiendo la variedad del mismo (rocas, canto rodados, sedimento fino, vegetación sumergida) en tres puntos de cada sitio de monitoreo cerca de la margen del río, (ya que las condiciones hidráulicas no permitieron la toma de muestras en el centro del cauce). Las muestras fueron conservadas en envases de plástico con formaldehído al 40%.

En el caso de suelo arenoso o arcilloso se utilizó corer de 3,5 cm de diámetro, extrayéndose los primeros 5 a 10 mm de la capa superficial de los sedimentos, la cual es la fotosintéticamente activa.

En los sitios con presencia de macrófitos pequeños se colectó la planta entera. Y en el caso de plantas de mayor tamaño se cortó una superficie conocida.

En el sustrato pedregoso – rocoso se realizó el raspado con cuchillo de plástico de una superficie definida. Los resultados de abundancia se presentan en $\text{cél}/\text{cm}^2$ (Gómez *et al.*, 2009).

La identificación taxonómica de las algas se realizó a nivel genérico y/o específico, mediante bibliografía específica por grupos: Diatomeas (Patrick and Reimer, 1966; 1975; Germain, 1981; Hartley, 1996), Cianobacterias (Geitler, 1967; Komárek and Anagnostidis, 2005) Clorófitas y otras (Bourrelly; 1968, 1970, 1972), entre otros.

13.2.3.3 Macroinvertebrados

El muestreo de macroinvertebrados se llevó a cabo mediante red Surber con una malla de poliestireno de 250 micras de abertura, U.S. estándar N° 60 (A.P.H.A., 1999) y con una superficie de muestreo de 900 cm^2 . En cada uno de los sitios se consideraron tres réplicas.

En laboratorio se realizó la separación de los organismos de los sedimentos y materia orgánica mediante el lavado de las muestras en una serie de tamices de $2000 \mu\text{m}$, $1000 \mu\text{m}$, $500 \mu\text{m}$ y $250 \mu\text{m}$ (Rodríguez Capítulo *et al.*, 2009). Los organismos se conservaron en frascos, rotulados por sitio y preservados en alcohol al 70%. La identificación de los macroinvertebrados se efectuó bajo estereomicroscopio y microscopio óptico utilizando claves regionales (Rodríguez Capítulo, 1992; Lopretto & Tell, 1995; Fernández & Domínguez, 2001; Domínguez & Fernández, 2009).

Los organismos se clasificaron en grupos funcionales tróficos desmenuzadores, raspadores, colectores-recolectores, filtradores y depredadores (Merritt & Cummins, 1996). Para la asignación de las categorías de los grupos funcionales se utilizó bibliografía específica (Merritt & Cummins, 1996; Lopretto & Tell, 1995).

13.2.4 Bioseguridad

Durante todo el muestreo se tuvo en cuenta la no contaminación de materiales entre sitios de estudio. Para ello se transportó de manera permanente bidones de agua potable y destilada, (para limpieza de botas y limpieza de electrodos); agua clorada para limpieza de elementos.

Previamente a la campaña los envases a utilizar para conservación de las muestras de fitoplancton, zooplancton, fitobentos y macroinvertebrados, fueron embalados en bolsa de nylon para cada uno de los sitio de monitoreo. Asimismo, para cada sitio se organizó en bolsa tipo ziploc los elementos de muestreo como cuchillos, pinzas, corer, jeringas y tubos de vidrio de tapa rosca (para la toma de muestras de Didymo en caso de detectar su presencia) y 3 pares de guantes de látex.

Es decir, que no se utilizaron los mismos elementos de uno a otro sitio de monitoreo, para evitar la posible propagación de la microalga.

Un técnico del grupo de Limnología se encargó exclusivamente de la toma de muestras destinadas a las determinaciones físico químicas, con las prevenciones correspondientes para evitar cualquier tipo de contaminación (lavado de manos con alcohol, uso de guantes nuevos en cada sitio, uso de envase muestreador para el llenado de los 3 envases de plástico de 1 lt + 1 envase de plástico de ½ lt.

Para el caso de la toma de muestras bacteriológicas, DBO y DQO, las mismas recomendaciones fueron realizadas al personal de la UTE encargadas de ello.

Para optimizar el cuidado se organizó a los operadores en actividades secas y húmedas.

13.2.4.1 Análisis ecológicos y estadísticos

Con los resultados obtenidos se elaboraron las matrices correspondientes.

La descripción, análisis y evaluación de los datos obtenidos se realizó mediante la aplicación de métodos estadísticos.

Para la determinación de diversidad entre hábitats se aplicó el índice de disimilitud Bray-Curtis para datos cuantitativos. Este índice es apropiado para este tipo de datos puesto que ignora los casos de que especies están ausentes en ambas muestras. Este análisis permite evaluar la diferencia en composición taxonómica entre los sitios de muestreo en su variación espacial. Para aplicar el índice, los datos de abundancia son previamente transformados mediante el $\log_{10}(x+1)$. Las matrices de disimilitud son transformadas en matrices de similitud utilizando el complemento del índice Bray-Curtis ($1 - B$). Los resultados se presentan mediante un análisis de cluster en dendogramas, de acuerdo al método del enlace completo (Complete link). Este enlace mide la proximidad entre dos grupos calculando la distancia entre sus objetos más lejanos o la similitud entre sus objetos menos semejantes.

- **Índice de disimilitud de Bray-Curtis (B)**

$$B = \frac{\sum_{i=1}^S (X_{ij} - X_{ik})}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{ik})}$$

donde:

B = medida de Bray-Curtis entre las muestras j y k.

X_{ij} = número de individuos de la especie i en la muestra j.

X_{ik} = número de individuos de la especie i en la muestra k.

S = número de especies.

Con el objetivo de determinar propiedades estructurales de las comunidades, se calcularon los índices de diversidad específica de Shannon - Weaver (H') y de Dominancia de Simpson (λ), (Brower and Zar 1977, programa BioDiversityPro).

- **Índice de Shannon - Weaver**

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i$$

donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i .

- **Índice de Simpson**

$$\lambda = \frac{\sum ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

13.2.5 Análisis ecológico de las comunidades de macroinvertebrados

Los grupos funcionales tróficos permiten predecir las relaciones biológicas que se desarrollan en la dinámica trófica de un ecosistema acuático y a partir de ellas, inferir el grado de integridad biológica del mismo. Para ello se determinó la abundancia relativa (%) de los grupos funcionales en cada uno de los sitios, agrupados en raspadores, colectores recolectores, colectores filtradores, fragmentadores y predadores (Merritt & Cummins 1996).

13.2.6 Comparación de resultados con estudio línea base marzo y julio 2015

Los resultados obtenidos fueron comparados con los obtenidos en los estudios realizados entre el 29 de marzo al 4 de abril (Serman & asociados s.a., 2015a para Represas Patagonia, Capítulo 4 – Punto 6), y entre el 10 al 19 de julio de 2015, en los aspectos físico químicos, medidas in situ, fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados (Serman & asociados s.a., 2015b para Represas Patagonia).

En los mismos se consideraron 7 sitios de monitoreo: 3 en Lago Argentino, y 5 sobre el Río Santa Cruz.

De esos sitios para el monitoreo de Noviembre coinciden dos del Lago Argentino, y 4 del Río Santa Cruz.

SITIO	EIA (MARZO – JULIO 2015)	CAMPAÑA NOVIEMBRE 2016
LAGO ARGENTINO	Sitio 2 (El Calafate)	LA1
LAGO ARGENTINO	Sitio 3 (Este. Próximo naciente R. Sta. Cruz)	LA2
RÍO SANTA CRUZ	Sitio 4 (Ruta 40)	SC4 (Estación Charles Furch)
	Sitio 5 (NK)	SC5 (NK)
	Sitio 7 (JC)	SC7 7 (JC)
	Sitio 8 (Ruta 3. Piedrabuena)	SC8 (Ruta 3. Piedrabuena)

En la Figura 13-1 se pueden observar los sitios de monitoreo considerados en las campañas de marzo y julio de 2015 y los establecidos en noviembre 2016.

13.3 DESCRIPCIÓN SITIOS DE MONITOREO

Tabla 13-1. Especificación sitios de monitoreo limnológico Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016

Sistema hídrico	Nomenclatura de campo	Coordenada GPS	Especificación del sitio
LAGO ARGENTINO	LA1	50°13'50.43"S 72°18'25.91"O	Altura Calafate
	LA2	50°13'37.78"S 72° 0'33.90"O	Próximo a la naciente del Río Santa Cruz
RÍO LA LEONA	LL3	50°09'26,1''S 71° 59'19,7''O	Altura Puente Ruta 40
RÍO SANTA CRUZ	SC4	50°15'08,9''S 71° 54'24,8''O	Estación Charles Führ
	SC5	50° 12'3637"S 70° 47' 34"O	Aguas arriba eje NK
	SC6	50°16'26,16''S 70° 17'25,55''O	Cordón Alto
	SC7	50°11'17,24''S 70° 07'3,12''O	Eje JC
	SC8	50°12'28,53''S 69° 49'02,36''O	Estancia La Lucia
	SC9	49°59'49,5''S 68° 55'36,4''O	Ruta 3
	SC10	49°57'91,1''S 68° 52'33''O	Aguas abajo Planta de Tratamiento
	SC11	49°59'20,5''S 68° 41'43,4''O	Desembocadura
RÍO CHICO	RCH12	49°46'38,2''S 68° 38'29,3''O	Altura Puente Ruta 3
PUNTA QUILLA	PQ 13	50°07'09,41''S 68° 24'30,87'O'	Entrada Estuario

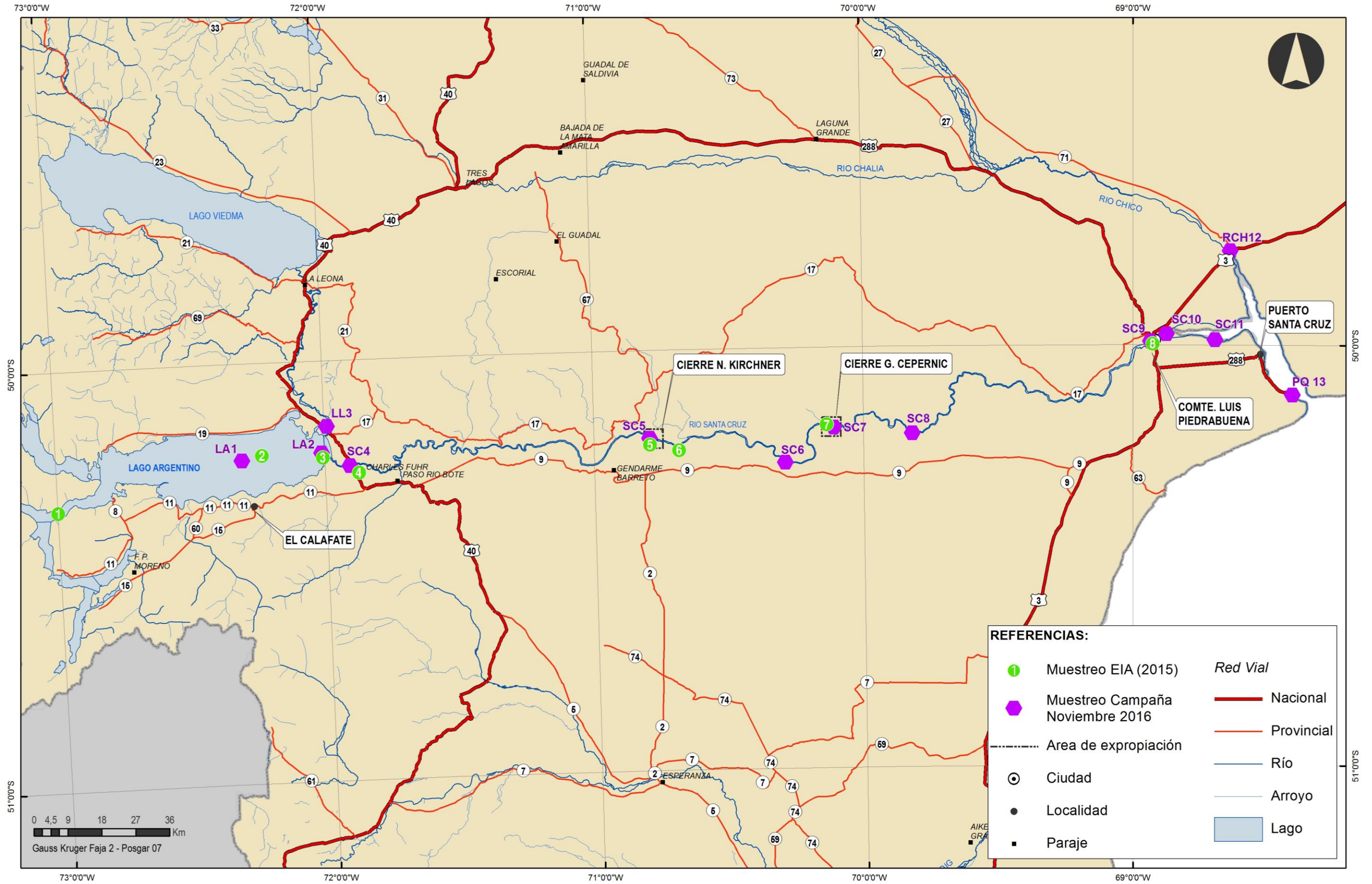


Figura 13-1. Ubicación de sitios de monitoreo considerados en las campañas de marzo y julio de 2015 según EIA (Serman & asociados s.a., 2015a, para Represas Patagonia) y los establecidos en noviembre 2016.

Téngase en cuenta que los valores presentados de Profundidad en los ríos, corresponde a la de los sitios donde se obtuvieron las muestras de agua y de comunidades biológicas. No se refiere a la profundidad de los ríos en el centro del cauce. A este sector no se pudo acceder con embarcación debido al bajo caudal.

LAGO ARGENTINO		
LA1		
pH	7.56	
Conductividad eléctrica (uS/cm)	40	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	10.9	
Temperatura agua (°C)	8	
Temperatura ambiente (°C)	16.3	
Transparencia (Secchi cm)	0.9	
Profundidad (m)	70	
Color	celeste lechoso	
Vegetación riparia	-	
Vegetación sumergida	-	


LAGO ARGENTINO		
LA2		
pH	7.55	
Conductividad eléctrica (uS/cm)	42	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	10.8	
Temperatura agua (°C)	12	
Temperatura ambiente (°C)	15.8	
Transparencia (Secchi cm)	0.9	
Profundidad (m)	21	
Color	celeste lechoso	
Vegetación riparia	-	
Vegetación sumergida	-	

LA LEONA		
Altura Puente		
LL3		
pH	8.8	
Conductividad eléctrica (uS/cm)	68.7	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	13.57	
Temperatura agua (°C)	9.7	
Temperatura ambiente (°C)	14	
Transparencia (Secchi cm)	28	
Profundidad (m)	Coincide con Secchi. (Accesibilidad limitada por seguridad)	
Ancho lecho mojado (m)	124	
Color	celeste lechoso	
Velocidad	No se midió por fuerte viento en superficie	
Vegetación riparia	-	
Vegetación sumergida	Bríofitas	


Sustrato
Bloque (>256mm) 0%
Guijón (64-256mm) 11%
Grava (16-8mm) 80%
Fino (arena) (1-2mm) 9%


RÍO SANTA CRUZ		
Estación Charles Fuhr		
SC4		
pH	8,9	Sustrato Bloque (>256mm) 6% Guijón (64-256mm) 55% Grava (16-8mm) 25% Fino (arena) (1-2mm) 14%
Conductividad eléctrica (uS/cm)	45,8	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	13,83	
Temperatura agua (°C)	9,4	
Temperatura ambiente (°C)	19	
Transparencia (Secchi cm)	35	
Profundidad (m)	Coincide con Secchi. (Accesibilidad limitada por seguridad)	
Ancho lecho mojado (m)	134	
Color	celeste lechoso	
Velocidad	No se midió por fuerte viento en superficie	
Vegetación riparia	-	
Vegetación sumergida	-	

RÍO SANTA CRUZ		
SC5		
pH	7,9	
Conductividad eléctrica (uS/cm)	64,6	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	10,1	
Temperatura agua (°C)	11	
Temperatura ambiente (°C)	10	
Transparencia (Secchi cm)	62	
Profundidad (m)	Coincide con Secchi. (Accesibilidad limitada por seguridad). Nubosidad variable	
Ancho lecho mojado (m)	110	
Color	celeste lechoso	
Velocidad	No se midió por fuerte viento en superficie	
Vegetación riparia	-	
Vegetación sumergida	Miriophyllum	

RÍO SANTA CRUZ		
Cordón Alto		
SC6		
pH	7,8	Sustrato Bloque (>256mm) 13% Guijón (64-256mm) 50% Grava (16-8mm) 30% Fino (arena) (1-2mm) 7%
Conductividad eléctrica (uS/cm)	59	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	13,7	
Temperatura agua (°C)	11,7	
Temperatura ambiente (°C)	15	
Transparencia (Secchi cm)	54	
Profundidad (m)	Coincide con Secchi. (Accesibilidad limitada por seguridad)	
Ancho lecho mojado (m)	150	
Color	celeste lechoso	
Velocidad	No se midió por fuerte viento en superficie	
Vegetación riparia	-	
Vegetación sumergida	-	



		RÍO SANTA CRUZ
		Eje JC
		SC7
pH		7,8
Conductividad eléctrica (uS/cm)		44,5
Oxígeno Disuelto (mg/l)		10,71
Temperatura agua (°C)		12,7
Temperatura ambiente (°C)		15
Transparencia (Secchi cm)		51
Profundidad (m)		Coincide con Secchi. (Accesibilidad limitada por seguridad). Nubosidad variable.
Ancho lecho mojado (m)		120
Color		celeste lechoso
Velocidad		No se midió por fuerte viento en superficie
Vegetación riparia		-
Vegetación sumergida		<i>Potamogeton</i>






Sustrato



- Bloque (>256mm) 25%
- Guijón (64-256mm) 50%
- Grava (16-8mm) 25%
- Fino (arena) (1-2mm) 1%

		RÍO SANTA CRUZ	
		Estancia La Lucía	
		SC8	
pH		8,1	
Conductividad eléctrica (uS/cm)		54,1	
Oxígeno Disuelto (mg/l)		10,4	
Oxígeno Disuelto (porcentaje saturación %)		104,2	
Temperatura agua (°C)		15	
Temperatura ambiente (°C)		14	
Transparencia (Secchi cm)		Parcialmente nublado	
Profundidad (m)		>0.50	
Ancho lecho mojado (m)		174	
Color		celeste lechoso	
Velocidad		Ventoso, no se midió	
Vegetación riparia		-	
Vegetación sumergida		<i>Myriophyllum / Potamogeton</i>	

		RÍO SANTA CRUZ	
		Ruta 3	
		SC9	
pH		8.2	
Conductividad eléctrica (uS/cm)		49.3	
Oxígeno Disuelto (mg/l)		11.45	
Temperatura agua (°C)		8.6	
Temperatura ambiente (°C)		6	
Transparencia (Secchi cm)		nublado	
Profundidad (m)		0.40	
Ancho lecho mojado (m)		230	
Color		celeste lechoso	
Velocidad		Ventoso, no se midió	
Vegetación riparia		Scirpus.	
Vegetación sumergida		Scirpus/Miriophyllum	<p>Sustrato</p> <p>Bloque (>256mm) 10%</p> <p>Guijón (64-256mm) 10%</p> <p>Grava (16-8mm) 30%</p> <p>Fino (arena) (1-2mm) 50%</p>

RÍO SANTA CRUZ		
Aguas abajo Planta de tratamiento Piedrabuena		
SC10		
pH	7.6	Sustrato Bloque (>256mm) 0% Guijón (64-256mm) 60% Grava (16-8mm) 10% Fino (arena) (1-2mm) 30%
Conductividad eléctrica (uS/cm)	90	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	12.15	
Temperatura agua (°C)	13.8	
Temperatura ambiente (°C)	17.7	
Transparencia (Secchi cm)	nublado	
Profundidad (m)	0.35	
Ancho lecho mojado (m)	151	
Color	celeste lechoso	
Velocidad	-	
Vegetación riparia	Junco	
Vegetación sumergida	-	

RÍO SANTA CRUZ		
Desembocadura		
SC11		
pH	8	Sustrato Bloque (>256mm) 20% Guijón (64-256mm) 70% Grava (16-8mm) 10% Fino (arena) (1-2mm) 0%
Conductividad eléctrica (uS/cm)	1515	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	13.03	
Temperatura agua (°C)	10.7	
Temperatura ambiente (°C)	22	
Transparencia (Secchi cm)	21	
Profundidad (m)	-Coincide con Secchi. (Accesibilidad limitada por seguridad)	
Ancho lecho mojado (m)	538	
Color	amarronado	
Velocidad	-	
Vegetación riparia	-	
Vegetación sumergida	-	

		RÍO CHICO
		SC12
pH		7.6
Conductividad eléctrica (uS/cm)		135
Oxígeno Disuelto (mg/l)		10.88
Temperatura agua (°C)		9.2
Temperatura ambiente (°C)		17
Transparencia (Secchi cm)		3.5
Profundidad (m)		0.25
Ancho lecho mojado (m)		72
Color		marrón
Velocidad		ventoso no se midió
Vegetación riparia		-
Vegetación sumergida	Briófitas	  <p>Sustrato</p> <p> Bloque (>256mm) 5% Guijón (64-256mm) 15% Grava (16-8mm) 19% Fino (arcilla) (1-2mm) 56% </p>

	Atlántico	
	Punta Quilla	
	SC13	
pH	8.1	
Conductividad eléctrica (uS/cm)	40500	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	12.98	
Temperatura agua (°C)	10	
Temperatura ambiente (°C)	15	
Transparencia (Secchi cm)	nublado	
Profundidad (m)	1	
Ancho lecho mojado (m)	-	
Color	verdoso	
Velocidad	-	
Vegetación riparia	-	
Vegetación sumergida	-	Sustrato Bloque (>256mm) 20% Guijón (64-256mm) 0% Grava (16-8mm) 0% Fino (arena) (1-2mm) 80%



13.4 RESULTADOS

13.4.1 Parámetros medidos in situ

13.4.1.1 Sustrato

En función de la granulometría, se distinguieron 4 tipos de sustratos a lo largo de la cuenca, constituidos por Bloque (>256mm), Guijón (64-256mm), Grava (16-8mm) y Fino (1-2mm) con mayor frecuencia de guijón con 34%, seguido por partículas finas (25%), Grava (24%) y Bloque (17%) (Figura 13-2).

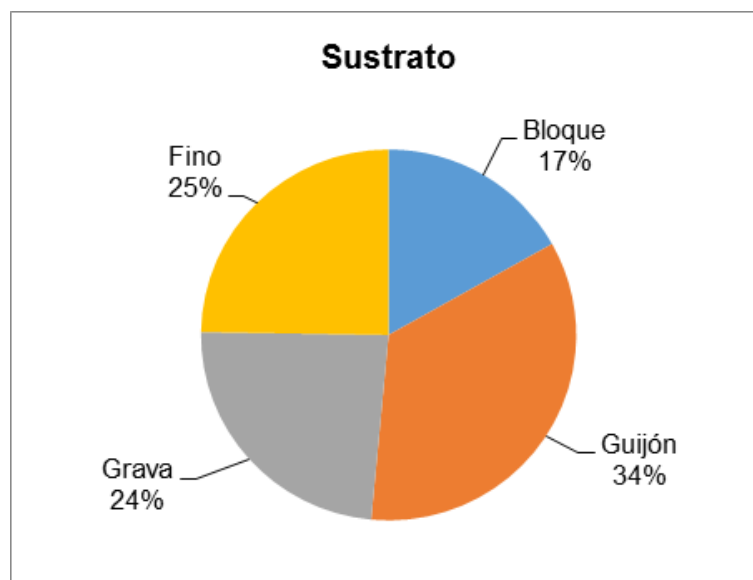


Figura 13-2: Proporción del sustrato según tamaño de partícula en la cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

El material más fino se encontró a lo largo de la cuenca en todos los sitios, principalmente representado por arena, excepto en la estación SC10 del río Santa Cruz y en el Río Chico (RCH12) en donde las partículas finas estuvieron representadas por arcillas. En el sitio SC11 (desembocadura del Río Santa Cruz) el material fino se encontró casi ausente, restringiéndose a espacio intersticial entre guijón y bloque.

El guijón se encontró en todos los sitios en alta cobertura, excepto en el Río La Leona (LL3) donde predominó la grava y en SC9 (Río Santa Cruz, ruta 3) con mayor superficie del sustrato conformado por sedimento de grano fino (Figura 13-3).

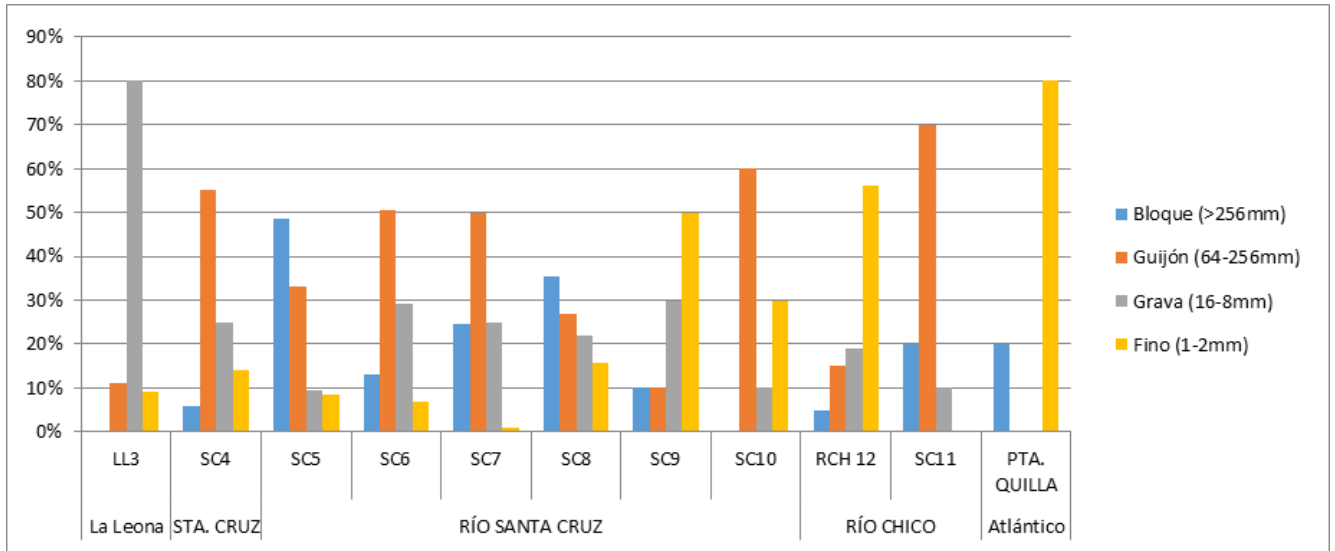


Figura 13-3. Proporción del sustrato según tamaño de partícula en cada sitio de monitoreo. Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

13.4.1.2 Temperatura

La temperatura ambiente promedió 15.9 °C, dependiendo de la hora del día. El menor valor se registró en SC9 (Ruta 3) con 6°C debido al horario de monitoreo (8hs).

La Temperatura del agua superficial osciló entre 8 a 12.7°C, también dependiente de la hora de monitoreo. (Figura 13-4).

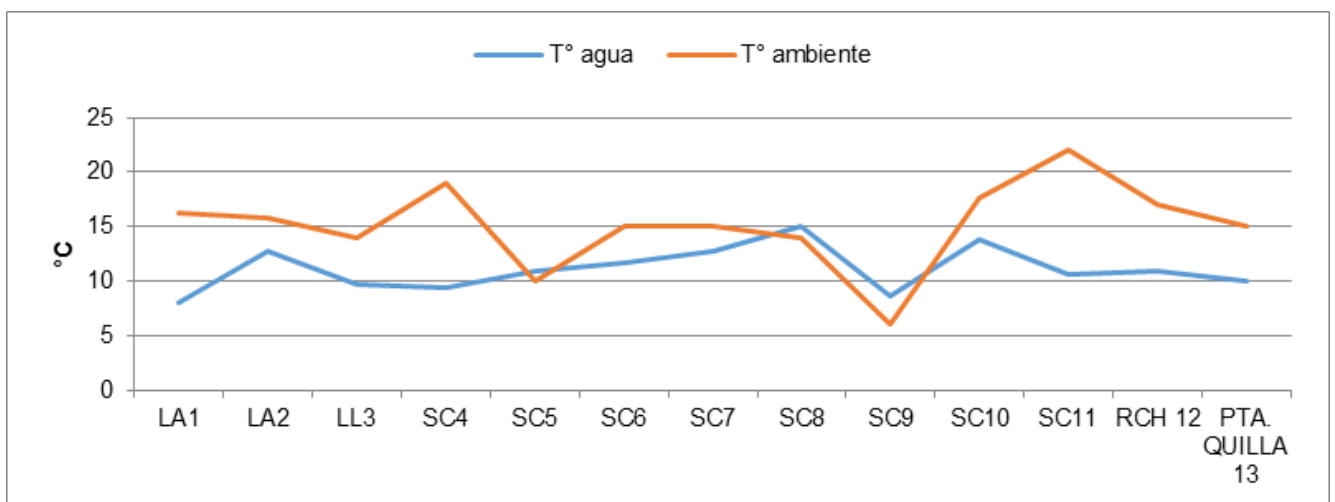


Figura 13-4. Valores de Temperatura del agua y ambiental Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

Los valores medidos en Noviembre (promedio 10.6°C) son similares a los registrados en el monitoreo de marzo 2015 con valor promedio del agua de 10.9°C (Figura 13-5).

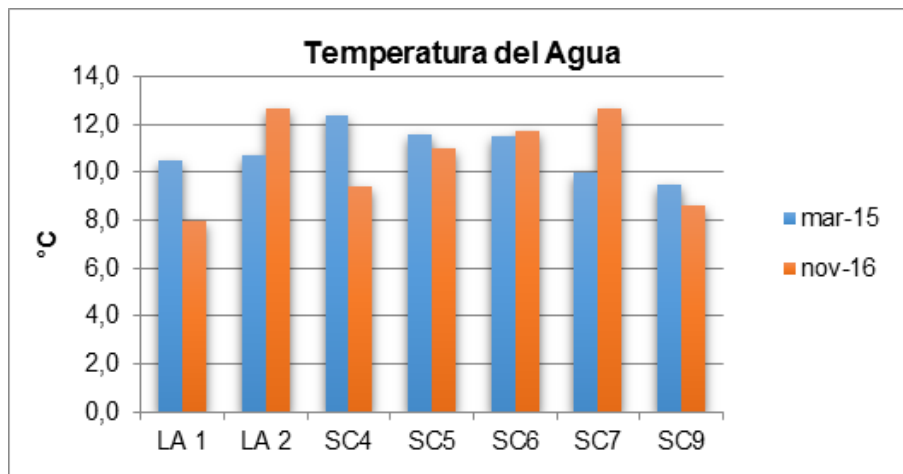


Figura 13-5. Valores de Temperatura del agua Cuenca del Río Santa Cruz. Marzo 2015 - Noviembre 2016.

Según la medición realizada con equipamiento y personal de la UTE, en LA1 en el Lago Argentino se registró termoclina a los 2 metros de profundidad (9.7°C), teniendo en cuenta la temperatura superficial de 8°C esto no puede ser factible ya que no hay antecedentes de formación de termoclina en lagos patagónicos de Argentina y de Chile a dos metros de profundidad. Estos valores medidos pueden deberse a un problema de estabilización del electrodo del equipo, (Neiif, rev. informe febrero 2017). Por lo tanto este dato no debe tenerse en cuenta.

A diferencia del sitio próximo a la desembocadura donde no se registró estratificación térmica, ya que la temperatura descendió homogéneamente hasta la máxima profundidad (12.7 °C en superficie – 11.5°C a los 21 metros) (Figura 13-6).

Este mismo patrón de estratificación leve en LA1 (1°C entre los 15 y 16 metros de profundidad) y nula en LA2 (10.7°C en superficie y 10.9°C a 15 metros de profundidad), fue determinado en marzo de 2015.

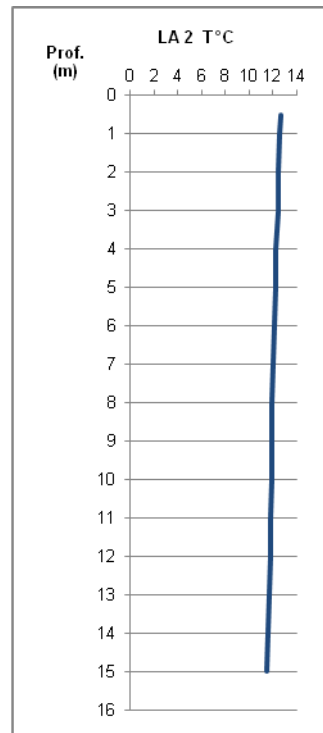


Figura 13-6. Perfiles de Temperatura sitio LA2, Lago Argentino. Noviembre 2016.

13.4.1.3 pH

Las aguas se presentaron con valores levemente alcalinas en el Lago Argentino, SC10 y en el Río Chico (pH entre 7.5 y 7.6). En los restantes sitios el pH se presentó alcalino con valores entre 8 a 8.9, con los mayores valores en LL3 y SC4. (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). En general superiores a los registros de marzo y julio de 2015 (Figura 13-7y Figura 13-8).

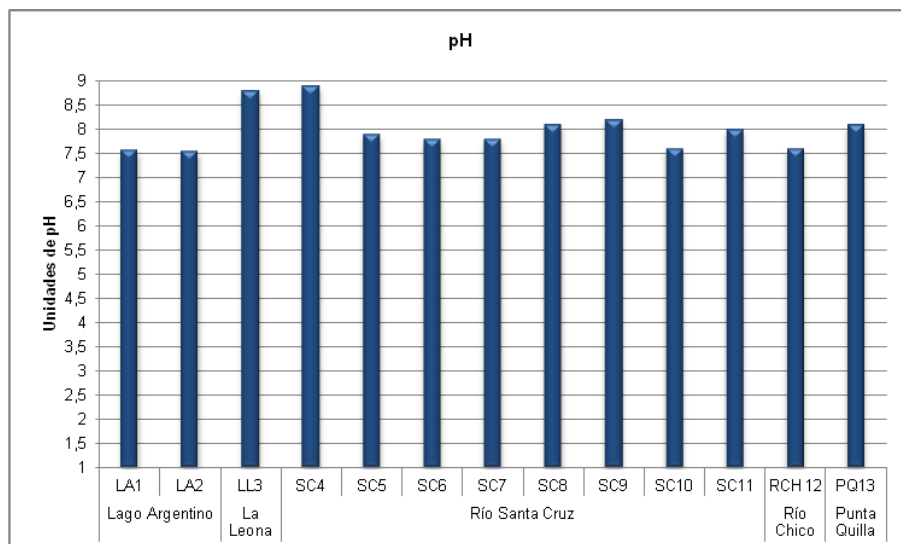


Figura 13-7. Valores de pH Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

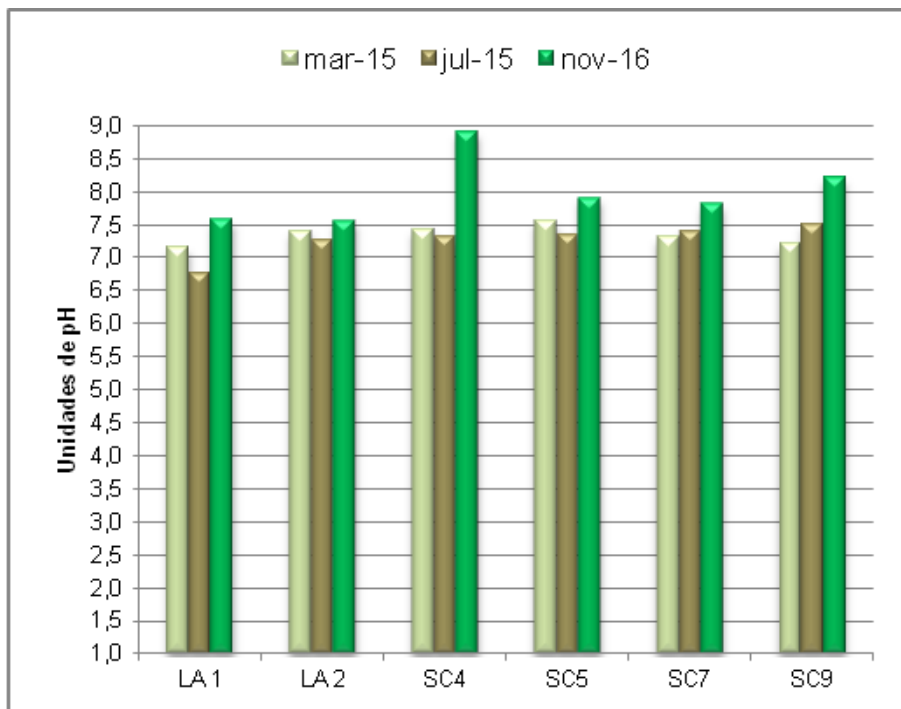


Figura 13-8. Valores de pH. Cuenca del Río Santa Cruz. Marzo – Julio 2015 - Noviembre 2016.

A su vez, el Lago Argentino presentó valores levemente alcalinos con valores homogéneos desde la superficie hasta la profundidad máxima de los dos sitios de monitoreo (Figura 13-9).

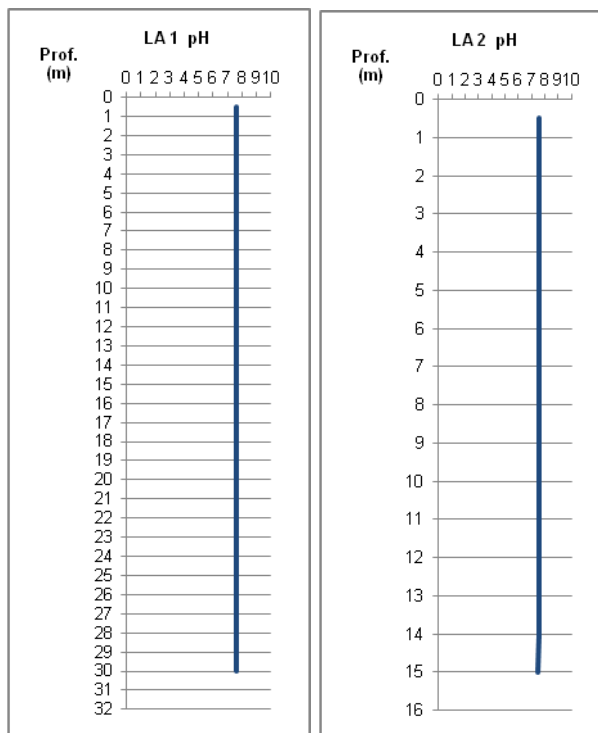


Figura 13-9. Perfiles de pH de los sitios LA1 y LA2, Lago Argentino. Noviembre 2016.

13.4.1.4 Transparencia

La transparencia del agua no fue medida en los sitios SC8, SC9, SC10 y PQ13 debido a que el cielo se encontraba nublado. En otros sitios la nubosidad fue variable, tomándose el registro en momentos soleado en cono de sombra.

La transparencia varió según la presencia de sedimento en suspensión, con el menor valor registrado en SC4 y SC11 (0.35 y 0.21m respectivamente). En el sitio La Leona (LL3) El valor medido fue de 28 cm. En el Río Chico debido a la alta concentración de sedimento en suspensión (coloración marrón) registró baja transparencia (3.5 cm – UTE = 7). El Lago Argentino en ambos sitios presentó transparencia de 0.9m (Figura 13-10).

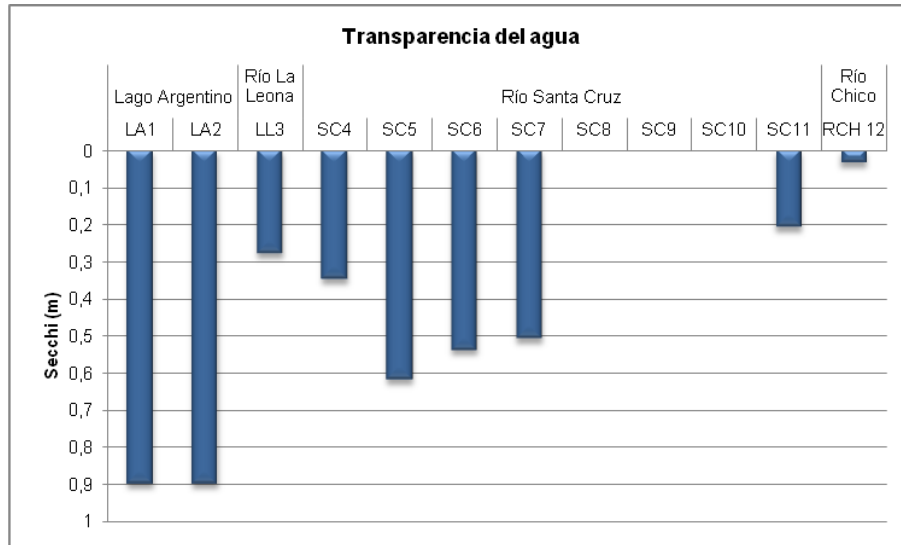


Figura 13-10. Valores de Transparencia Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

A diferencia de Noviembre de 2016 cuando la transparencia en el Río Santa Cruz promedió 0.5m, en marzo 2015 la misma fue de 0.69m, con el mayor valor registrado en SC4 (1m). Esto puede deberse a los niveles de caudal y mayor arrastre de partículas disueltas en la época primaveral.

En el Lago Argentino se presenta mayor transparencia en los sitios LA1 y LA2 en Noviembre (0.9m), con respecto a marzo 2015 (0.7 y 0.5 en LA1 y LA2 respectivamente), y julio de 2015 con 0.8 m en ambos sitios (Figura 13-11).

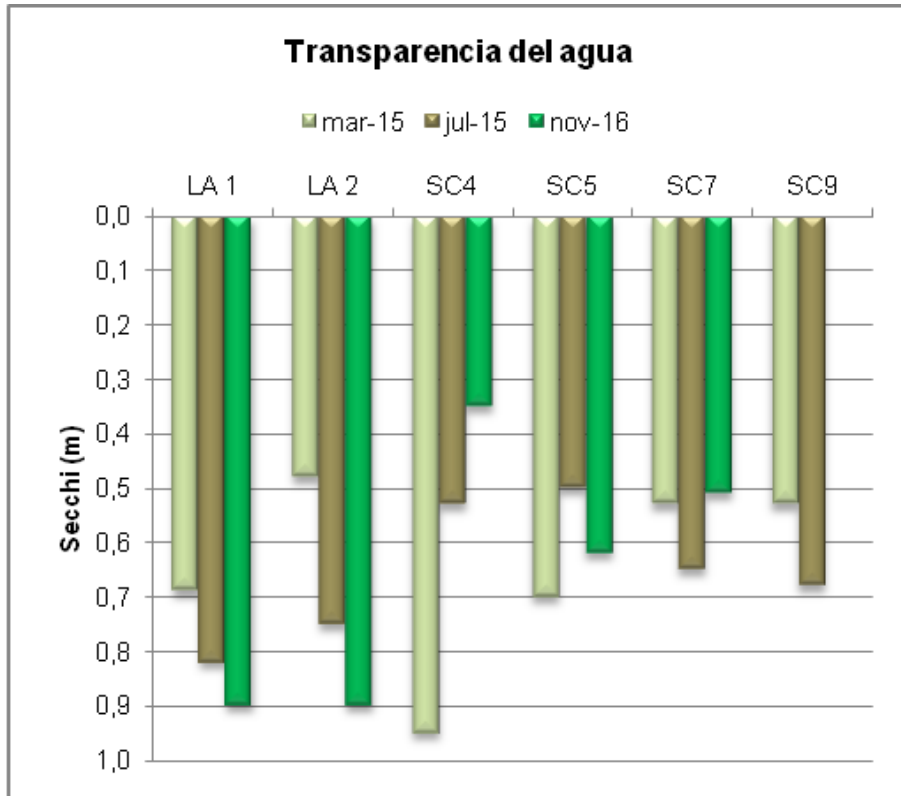


Figura 13-11. Valores de Transparencia Cuenca del Río Santa Cruz. Marzo – Julio 2015 - Noviembre 2016.

13.4.1.5 Oxígeno disuelto

Al igual que marzo de 2015, las aguas se presentaron oxigenadas casi al punto de saturación, con valores superiores a 9mg/L en todos los sitios de monitoreo (Figura 13-12 y Figura 13-13). Hay que tener en cuenta que estos valores pueden deberse al efecto de los vientos sobre el cuerpo de agua, y no al crecimiento excesivo de productores primarios.

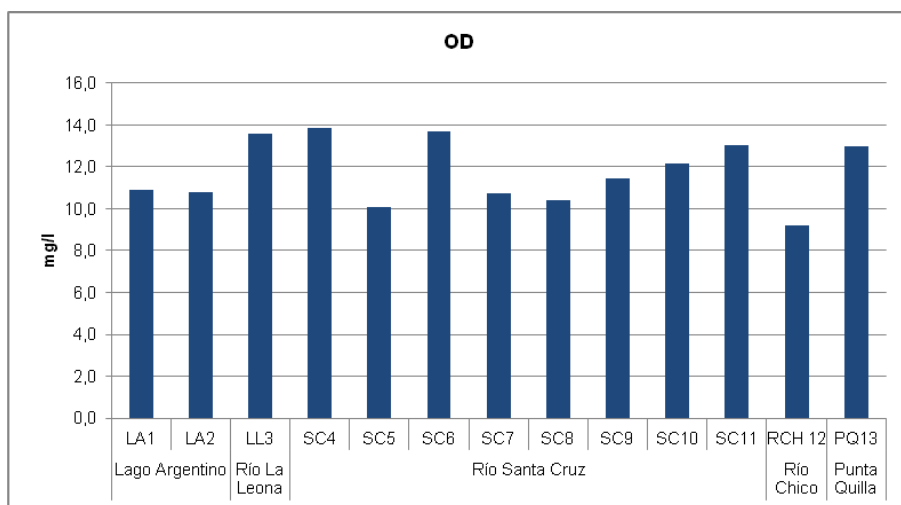


Figura 13-12. Valores de Oxígeno Disuelto, Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

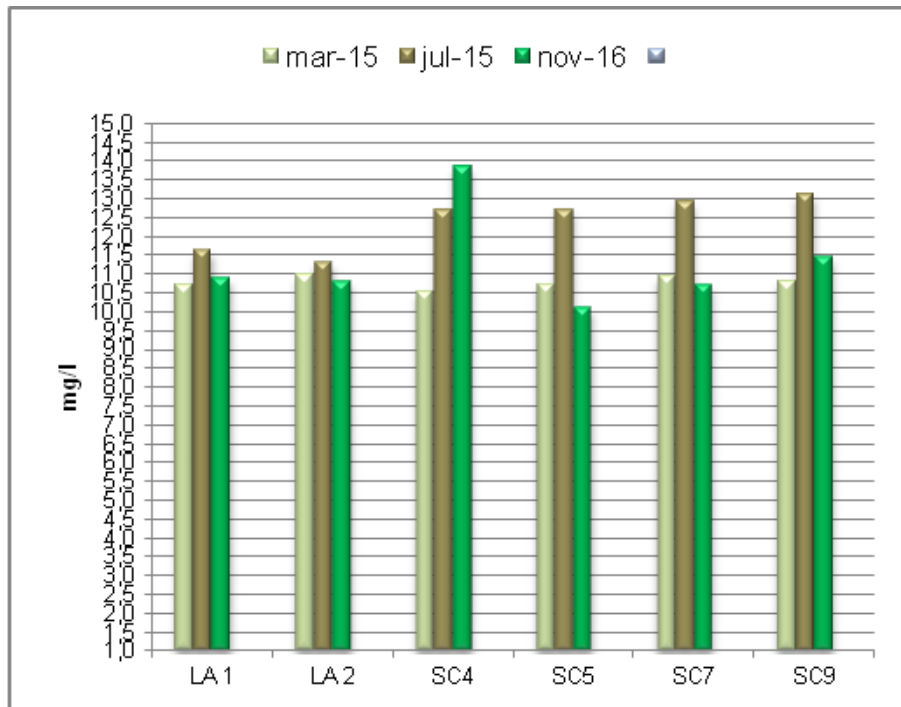


Figura 13-13. Valores de Oxígeno Disuelto Cuenca del Río Santa Cruz. Marzo – Julio 2015 - Noviembre 2016.

13.4.1.6 Conductividad Eléctrica

Los valores de Conductividad Eléctrica se presentan variables entre los sitios considerados.

El Lago Argentino registró un promedio de 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Entre los sistemas lóticos analizados el Río La Leona y Río Chico registraron mayores valores (68.7 y 135 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente) que el promedio del Río Santa Cruz desde SC4 a SC9 (58,18 $\mu\text{S}/\text{cm}$), con el mayor valor detectado en este tramo del río en SC10 con 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la desembocadura del río Santa Cruz la conductancia asciende a 1515 $\mu\text{S}/\text{cm}$, debido a la influencia marina. En Punta Quilla como es de esperar, al tratarse de ambiente puramente marino la conductividad fue de 40500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 13-14, Anexo I - Mapa 1).

Con respecto a los estudios previos la conductividad eléctrica fue mayor en Noviembre 2016.

En el Lago Argentino, en el sitio LA2 el valor fue de 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$, similar al registrado en marzo 2015 (40 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

En el sector del río en marzo 2015 la conductividad eléctrica presentó un promedio de 36.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. EN Julio 32.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que Noviembre 2016 este valor fue de 51.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$, (Figura 3j 2)

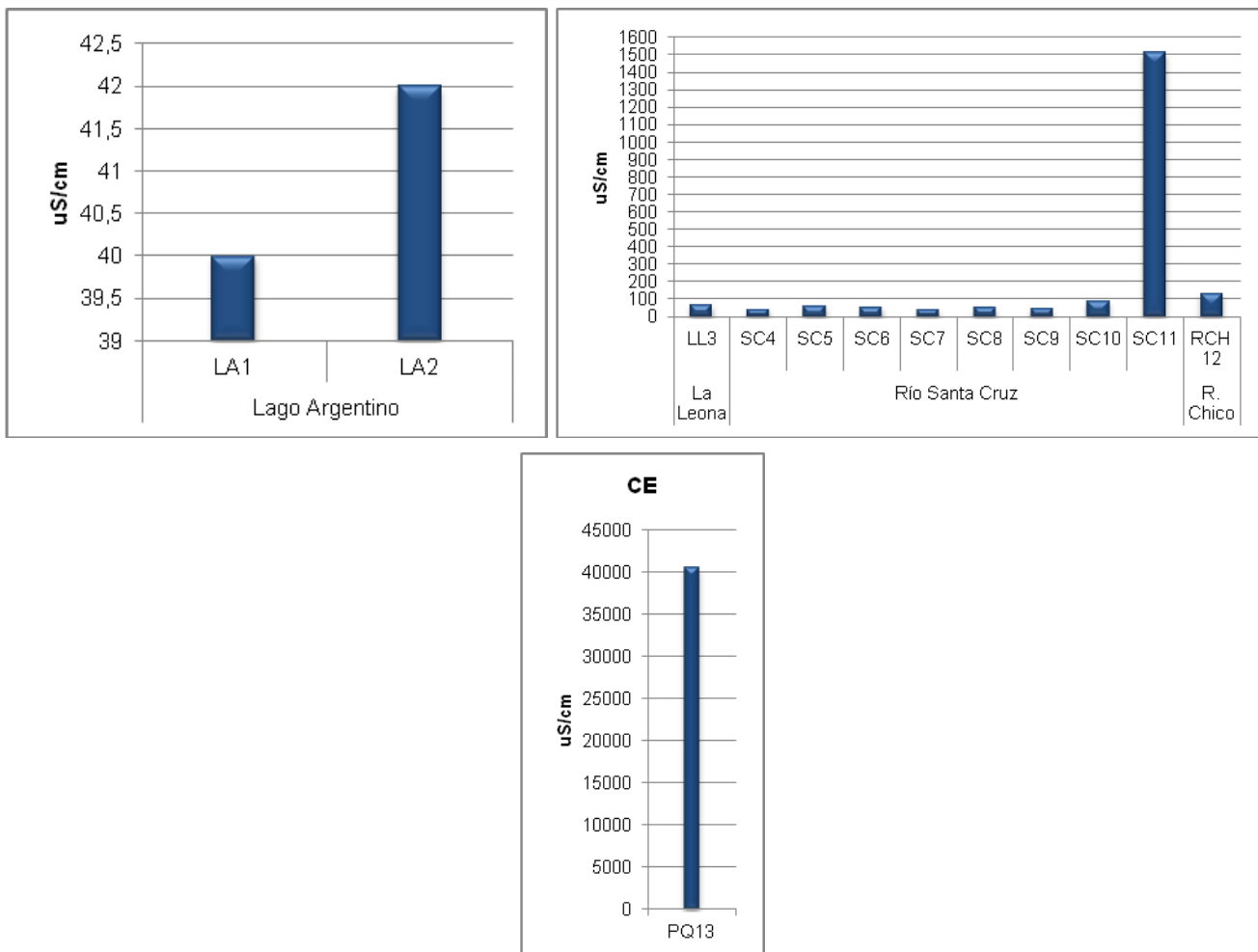


Figura 13-14. Valores de Conductividad Eléctrica, Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

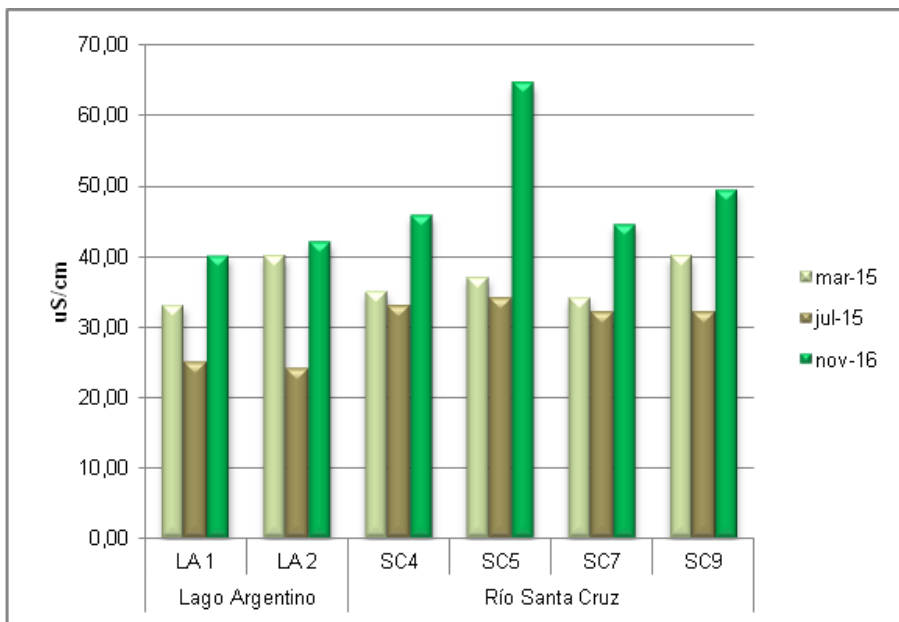


Figura 13-15. Valores de Conductividad Eléctrica Cuenca del Río Santa Cruz. Marzo – Julio 2015 - Noviembre 2016.

13.4.2 Caracterización hidroquímica incompleto

Al igual que en marzo y julio de 2015, según el balance iónico, las aguas son de tipo bicarbonatadas cálcicas en todos los sitios, excepto en LA1, SC8 (Cloruradas cálcicas) y en SC11 y PQ13 Cloruradas sódicas, (Tabla 13-3; Figura 13-16).

Entre los nutrientes el N-NO₃, se encontró con un valor promedio de 0.6 mg/l en Noviembre de 2016. Se destaca el amoníaco (N-NH₃) en el sitio SC10, el cual presenta una concentración de 5.6 mg/l. Lo que puede deberse al aporte de la planta de tratamiento aguas arriba del sitio de monitoreo.

El fósforo total se registró con 0.97 y 0.19 mg/l en el Río Chico y en Punta Quilla respectivamente. En los restantes sitios el resultado de laboratorio presenta como inferior al límite de detección del método (< 0.15 mg/l) (Tabla 13-3).

Entre los elementos analizados en laboratorio Al (Aluminio), B (Boro), Fe (Hierro), K (Potasio), Mg (Magnesio), Mn (Manganeso), Si (Sílice), Sr (Estroncio) y Ti (Titanio), se detectan en concentraciones por encima del límite de detección de los métodos aplicados (Tabla 13-3).

Con respecto a la concentración de Clorofila a, las mediciones de laboratorio dieron por debajo del límite de detección (0.1mg/l). Este pigmento fue detectado en marzo de 2015 en baja concentración en SC7 (7µg/l) y en SC9 (6 µg/l).

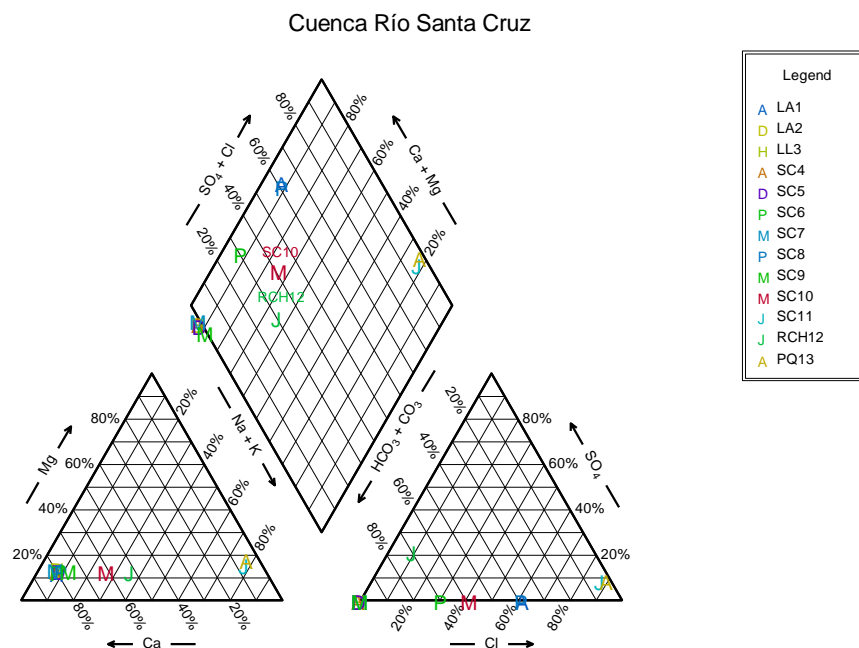


Figura 13-16. Balance iónico. Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

En Noviembre de 2016, se registra demanda química de oxígeno en La Leona, SC4 y SC9, pero por debajo de los límites permitidos por La Disposición 04 (1196) la cual establece un valor de 6 mg/l (Tabla 13-2).

Tabla 13-2.

		LA1	LA2	LL3	SC4	SC9	SC10	SC11	RCH12
DQO	mg/l	<1	1,8	2,5	4,5	5,7	<1	<1	<1
DBO	mg/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabla 13-3. Características físicas y químicas de la Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

		LD	LA1	LA2	LL3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10	SC11	RCH12	PQ13
STS	mg/L	10,00	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	116,0	1120,0	136,0
CE	µS/cm	5,00	40	42	58,5	44,4	44,5	44,0	45,4	49,4	51,4	69,9	1747,0	147,6	42100,0
pH	Undad	0,10	7,6	7,8	7,6	7,4	7,5	7,5	7,6	7,3	7,2	6,7	7,0	7,4	7,9
Sulfatos	mg/L	10,00	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	60,9	17,3	2066,2
Cloruros	mg/l	5,00	8	23	<5	<5	<5	4,7	<5	19,3	<5	7,8	447,9	5,5	15341,3
Bicarbonatos	mg/L	5,00	28	24	27,0	20,8	20,8	19,6	21,5	22,1	22,7	28,2	25,1	73,6	132,4
Nitratos	mg/L	0,30	0,8	0,6	0,7	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,4	0,9	0,6	0,6	1,1
Nitritos	mg/L	0,02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Amoniaco	mg/L	0,20	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	5,6	<0.2	<0.2	<0.2
Dureza	mg/L	0,30	17,08	19,32	23,7	20,6	19,3	18,0	17,9	21,0	19,3	20,9	170,0	51,9	5002,0
Turbidez	NTU	0,10	1,6	1,6	2,5	1,1	1,5	1,9	1,6	1,8	1,8	0,9	0,6	7,0	0,7
HTP	mg/L	0,50	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Ag	mg/L	0,02	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021	< 0.021
Al	mg/L	0,06	0,13	0,19	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	< 0.06	0,1	0,8	0,2
As	mg/L	0,11	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105	< 0.105
B	mg/L	0,01	0,058	< 0.009	0,0	< 0.009	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	3,6
Ba	mg/L	0,00	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003
Ca	mg/L	0,02	5,921	6,676	8,1	7,1	6,6	6,2	6,1	7,1	6,6	6,9	16,0	16,6	330,3
Cd	mg/L	0,00	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003
Co	mg/L	0,01	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006
Cr	mg/L	0,01	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012	< 0.012
Cu	mg/L	0,01	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009
Fe	mg/L	0,01	0,048	0,074	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,4	0,0
Hg	mg/L	0,03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
K	mg/L	0,45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	8,8	0,6	305,9
Li	mg/L	0,01	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	0,2
Mg	mg/L	0,06	0,56	0,64	0,9	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,7	0,9	31,6	2,5	1014,4
Mn	mg/L	0,00	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0,0	< 0.003
Mo	mg/L	0,02	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015
Na	mg/L	0,06	0,53	0,83	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	1,0	1,2	3,5	288,0	13,5	8031,5
Ni	mg/L	0,03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
P Total	mg/L	0,15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	1,0	0,2
Pb	mg/L	0,08	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084	< 0.084
Sb	mg/L	0,06	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063	< 0.063
Se	mg/L	0,15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Si	mg/L	0,06	1,23	1,49	1,9	1,4	1,5	1,4	1,4	1,6	1,5	1,1	1,7	6,8	1,1
Sn	mg/L	0,05	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051	< 0.051

		LD	LA1	LA2	LL3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10	SC11	RCH12	PQ13
Sr	mg/L	0,00	0,0274	0,0314	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	5,6
Th	mg/L	0,09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09	< 0.09
Ti	mg/L	0,01	< 0.006	0,009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	< 0.006	< 0.006	0,0	< 0.006
Tl	mg/L	0,08	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081	< 0.081
U	mg/L	0,45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45	< 0.45
V	mg/L	0,01	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009
Zn	mg/L	0,01	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006
Be	mg/L	0,01	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009
Pd	mg/L	0,05	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045	< 0.045

13.4.3 Resultados bacteriológicos

El «total de bacterias coliformes (o coliformes totales) incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes, capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares.

El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. Las bacterias coliformes pertenecen a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, *Serratia* y *Hafnia*.

Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida *E. coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y/o mamíferos. Muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. Los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas.

Según los métodos llevados a cabo en laboratorio, los resultados son confusos debido a que no se detecta presencia de indicadores de contaminación fecal, más precisamente *Escherichia coli* y *Streptococcus faecalis*. Pero, por otro lado se detectan Coliformes fecales en todas las muestras analizadas, excepto en LA2 y en SC9 (Tabla 13-4). Los valores de Coliformes totales en todos los sitios de monitoreo podrían estar dados por bacterias ambientales.

Tabla 13-4

		LA1	LA2	LL3	SC4	SC9	SC10	SC11	RCH12
COLIF. TOT.	NMP100ml	2,2	1,8	4,4	7,6	5	8,8	12	13
COLIF.FEC.	NMP100ml	2,2	<2,2	2,2	5	<2,2	8,8	5	4,4
AEROBIAS/ml	ml	<30							
<i>P. aeruginosa</i>		Ausencia							

13.4.4 Fitoplancton

En Noviembre de 2016 se describió un total de 45 taxa, y en marzo y julio de 2015 se identificaron 29 especies, con 7 especies en común entre los momentos mencionados. (Tabla 13-5, Tabla 13-6).

En ambos momentos de monitoreo las diatomeas dominaron las comunidades, seguidas por algas verdes y cianofíceas. En Marzo de 2015 además de los grupos algales mencionados también se identificó una especie de Dinoflagelado y una especie de rodofícea. En Noviembre de 2016 no se registró presencia de estos grupos pero sí una especie de criptofícea (Figura 13-17).

**Tabla 13-5. Composición taxonómica y frecuencia absoluta de especies de la fracción fitoplanctónica.
Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016**

	Lago Argentino		La Leona	Río Santa Cruz								R. Chico	Pta. Quilla
	LA1	LA2	LL3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10	SC11	RCH12	PQ13
BACILLARIOPHYCEAE													
<i>Achnanthes lanceolata</i> Brebisson in Kützing	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0
<i>Caloneis</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocksek	126	128	21	20	15	147	28	41	206	10	31	0	0
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	0	0	0	0	1	2	2	0	2	0	0	0	0
<i>Cymbella minuta</i> var <i>latens</i> (Krasske) Reimer	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Denticula elegans</i> Kützing	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>Diatoma tenue</i> Agardh	6	11	29	3	12	48	21	23	37	4	9	1	0
<i>Epithemia adnata</i> Kützing Rabenhorst	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Epithemia sorex</i> Kützing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Eunotia pectinalis</i> (Müller) Rabenhorst	0	0	0	8	0	0	0	14	0	0	42	0	0
<i>Fragillaria ulna</i> (Nitzsch) Lange Bertalot	158	0	0	0	0	0	2	2	17	0	1	33	0
<i>Fragillaria virescens</i> (Ralfs)	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0
<i>Gomphonema</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphoneis olivaceum</i> Hornemann	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema globiferum</i> Meister	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Gomphonema ventricosum</i> Gregory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Gyrosigma acuminatum</i> Kützing - Rabenhorst	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Melosiraciae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Nitzschia angularis</i> Smith	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nitzschia fasciculata</i> Grunow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith	8	0	0	3	0	0	5	0	12	4	0	0	0
<i>Nitzschia panduriformis</i> Gregory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith	8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Paralia sulcata</i> Ehrenberg Cleve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	74
<i>Pinnularia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhaphoneis amphicerus</i> Ehrenberg	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhopalodia gibba</i> Ehrenberg-Müller	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Suriella brebissonii</i> Krammer-Lange Bertalot	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	1	0
<i>Suriella ovalis</i> Brebisson	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra acus</i> Kützing	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	25	10	0	4	0	0	2	2	0	0	3	0	0
<i>Thalassiosira</i> sp. Cleve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Thalassiosira tenera</i> Prochkina-Lavrenko	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161	0	0
CYANOPHYCEAE													
<i>Chamaesiphon</i> sp. Braun	0	0	0	0	0	0	0	0	81	0	0	0	0
<i>Planktolyngbya limnetica</i> Lemmermann	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	0	0	0
<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemmermann	0	0	0	0	0	0	0	0	117	0	0	0	0
CRYPTOPHYCEAE													
<i>Cryptomonas</i> sp.	0	8	4	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0
CHLOROPHYCEAE													
<i>Sphaerocystis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Tabla 13-6. Composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica Marzo 2015 y Noviembre 2016.

BACILLARIOPHYCEAE	Especies de Fitoplancton	
	mar- jul 15	nov-16
<i>Achnanthes lanceolata</i> Brebisson in Kützing		*
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing		*
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen		*
<i>Aulacoseira pseudogranulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	*	*
<i>Caloneis</i> sp. Cleve		*
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	*	*
<i>Cyclotella ocelata</i> Pantocksek		*
<i>Cyclotella stelligera</i> Cleve et Grun	*	
<i>Cymatopleura</i> sp	*	
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner		*
<i>Cymbella minuta</i> var <i>latens</i> (Krasske) Reimer		*
<i>Cymbella</i> sp.	*	
<i>Denticula elegans</i> Kützing		*
<i>Diatoma tenue</i> Agardh		*
<i>Diatomea pennada</i> 1	*	
<i>Diatomea pennada</i> 2	*	
<i>Epithemia adnata</i> Kützing Rabenhorst		*
<i>Epithemia sores</i> Kützing		*
<i>Eunotia pectinalis</i> (Müller) Rabenhorst		*
<i>Eunotia</i> sp. 1	*	
<i>Eunotia</i> sp. 2	*	
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange Bertalot		*
<i>Fragilaria virescens</i> (Ralfs)		*
<i>Frustulia</i> sp.	*	
<i>Gomphonema</i> sp. Ehrenberg	*	*
<i>Gomphoneis olivaceum</i> Hornemann		*
<i>Gomphonema globiferum</i> Meister		*
<i>Gomphonema ventricosum</i> Gregory		*
<i>Gyrosigma acuminatum</i> Kützing - Rabenhorst		*
<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick		*
<i>Melosiraciae</i>		*
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		*
<i>Navicula rhychocephala</i> Kützing		*
<i>Nitzschia angularis</i> Smith		*
<i>Nitzschia fasciculata</i> Grunow		*
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith		*
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Nitzschia panduriformis</i> Gregory		*
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith		*
<i>Nitzschia</i> sp.	*	
<i>Paralia sulcata</i> Ehremer Cleve		*
<i>Pinnularia</i> sp.		*
<i>Pleurosigma</i> sp. Smith		*
<i>Rhaphoneis amphicerus</i> Ehrenberg		*
<i>Rhopalodia gibba</i> Ehrenberg-Müller		*
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer-Lange Bertalot		*
<i>Surirella ovalis</i> Brebisson		*
<i>Synedra acus</i> Kützing	*	*
<i>Synedra</i> sp.	*	
<i>Stauroneis</i> sp.		*
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	*	*
<i>Thalassiosira</i> sp. Cleve		*
<i>Thalassiosira tenera</i> Prochkina-Lavrenko		*
CYANOPHYCEAE		
<i>Chamaesiphon</i> sp. Braun	*	*
<i>Coelosphaerium</i> cf <i>kuetzingianum</i> Nägeli	*	
<i>Planktolynghya limnetica</i> Lemmermann		*
<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemmermann		*
CHLOROPHYCEAE		
<i>Cosmarium contractum</i> Kirchner	*	
<i>Cosmarium undulatum</i> Corda ex Ralfs	*	
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli	*	
<i>Eudorina elegans</i> Ehr.	*	
<i>Oedogonium</i> sp	*	*
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> Turpin	*	

Especies de Fitoplancton	
<i>Sphaerocystis sp. Chodat</i>	*
<i>Sphaerocystis schroeteri Chodat</i>	*
<i>Stauredesmus triangularis (Lagerh) Teiling</i>	*
<i>Ulothrix sp.</i>	*
<i>Zygenama sp (filamente estéril)</i>	*
CRYPTOPHYTA	
<i>Cryptomonas sp.</i>	*
BACILLARIOPHYCEAE	
DINOPHYTA	
<i>Gymnodinium sp.</i>	*
RHODOPHYTA	
<i>Audouinella sp.</i>	*

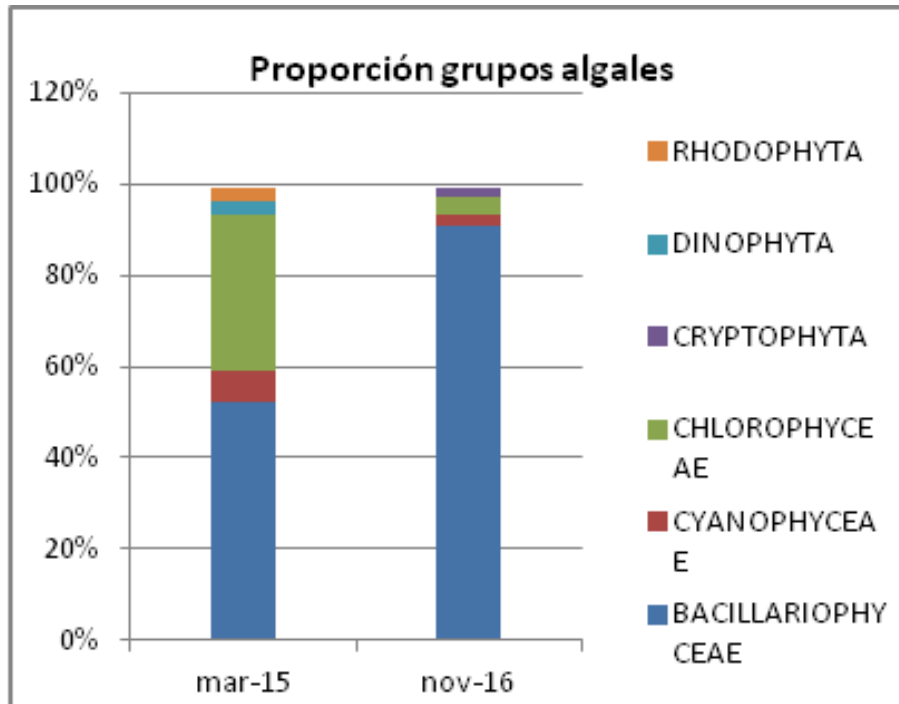


Figura 13-17. Proporción de grupos algales de la fracción fitoplanctónica. Marzo 2015 – Noviembre 2016

En la campaña de Noviembre de 2016 dominaron las diatomeas en la mayoría de los sitios, excepto en SC9 y SC10 donde lo hicieron las cianofíceas. Las criptofíceas se registraron en los sitios de Lago Argentino, aguas abajo en SC4 y SC5. Las algas verdes se identificaron en baja proporción en el Río Chico (Figura 13-26).

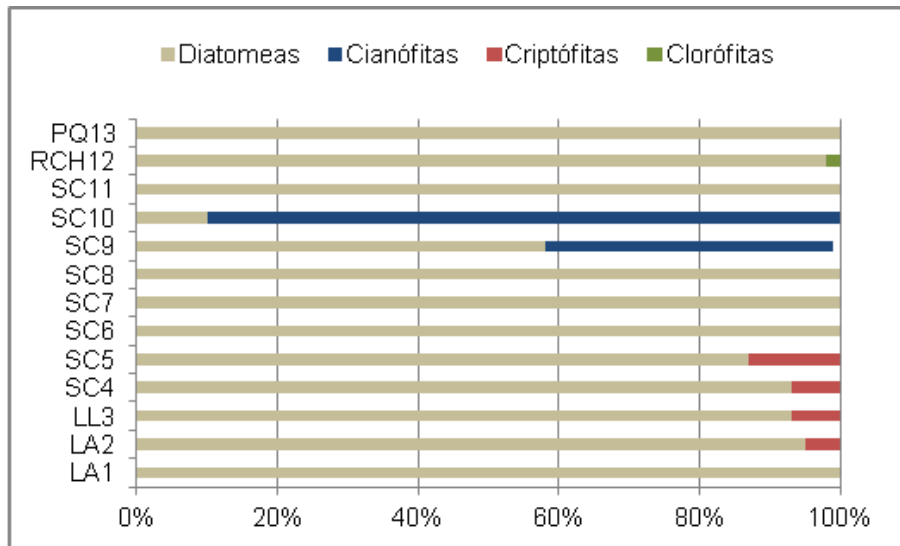


Figura 13-18. Proporción de grupos algales de la fracción fitoplanctónica. Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016

Teniendo en cuenta las 13 estaciones de monitoreo, *Diatoma tenue* y *Cyclotella ocelata* (especies planctónicas de agua dulce) constituyeron especies comunes debido a que estuvieron presentes en 12 y 11 sitios respectivamente. Las restantes especies se encontraron con menor distribución espacial (desde 1 a 5 sitios como máximo) (Figura 13-19).

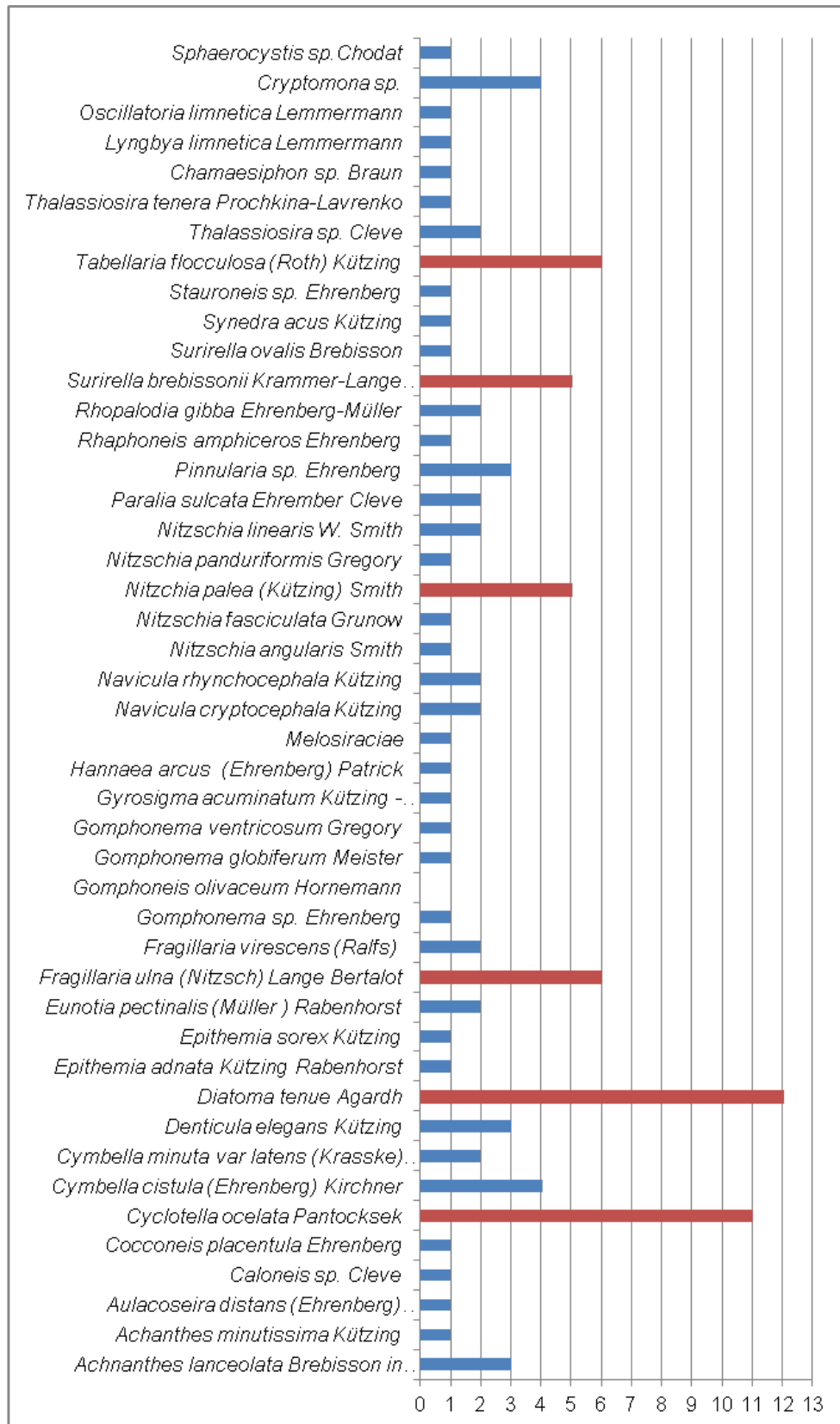


Figura 13-19. Distribución espacial de especies de la fracción fitoplanctónica.

Del análisis de la comunidad fitoplanctónica, se determina que en general el 21% de las especies son de hábito planctónico propiamente dicho, es decir que viven suspendidos en el agua y carecen de movilidad propia. El 71% restante lo constituyeron especies de hábito bentónico. Estas últimas habitan en el sustrato del río o vegetación sumergida. Las mismas por efecto de la corriente son desprendidas del sustrato, por lo cual se las halla en la columna de agua. (Figura 13-20). Y por efecto de la deriva fueron capturadas en la columna de agua en el momento de la toma de muestras. Como puede apreciarse en la Figura 13-29, en algunos sitios como La Leona, SC7, SC10, Río Chico y PQ13, dominaron especies bentónicas.

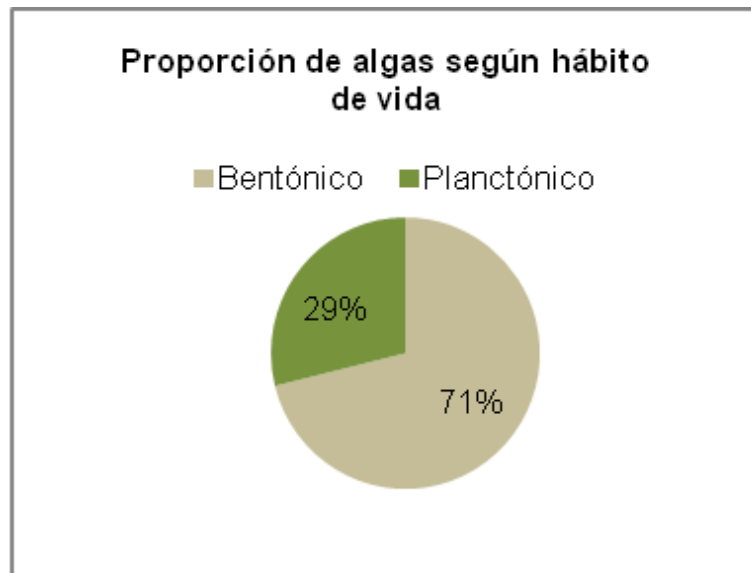


Figura 13-20. Proporción de especies planctónicas y bentónicas presentes en la fracción fitoplanctónica del Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

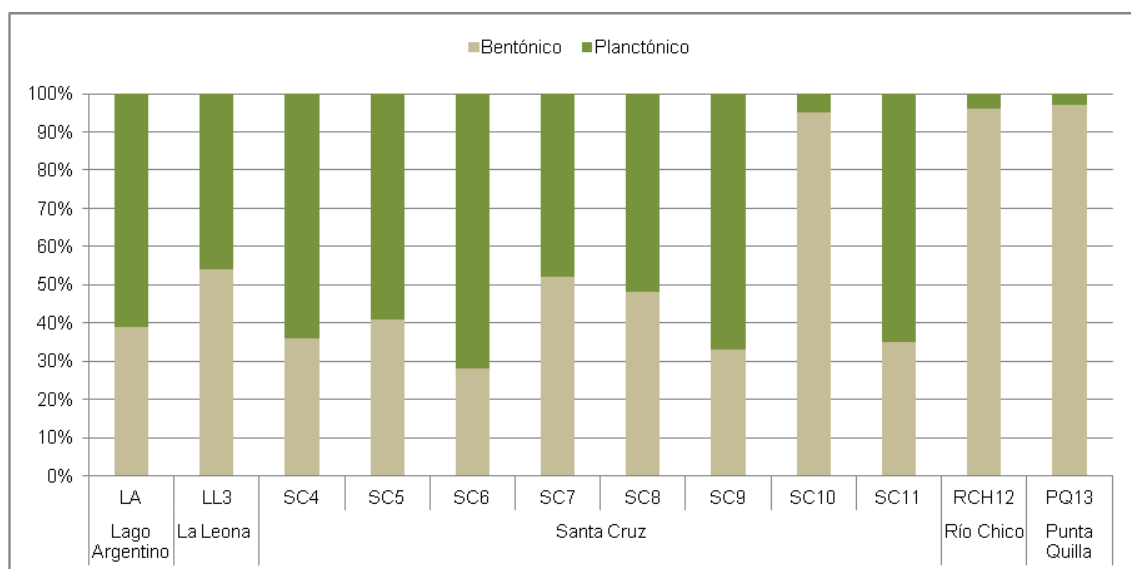


Figura 13-21. Proporción de especies planctónicas y bentónicas presentes en la fracción fitoplanctónica en cada sitio de monitoreo, Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

En Lago Argentino hasta el sitio SC9 (ruta 3) y en el Río Chico, la comunidad fitoplanctónica se encuentra constituida por especies 100% de agua dulce. En SC10 (aguas abajo planta de tratamiento de la ciudad de Piedrabuena) y en SC11 (desembocadura río Santa Cruz), las comunidades presentan organismos adaptados al agua salobre, en proporción de 90 y 41% respectivamente. En el Río Chico el 9% de las especies también corresponde a esa característica. Este aspecto indica la influencia de flujos horizontales desde el mar sobre estos sitios, los cuales se encuentran dentro del área del estuario.

En el sitio PQ13 todas las especies identificadas son propias de ambientes salobres - marinos (Figura 13-22).

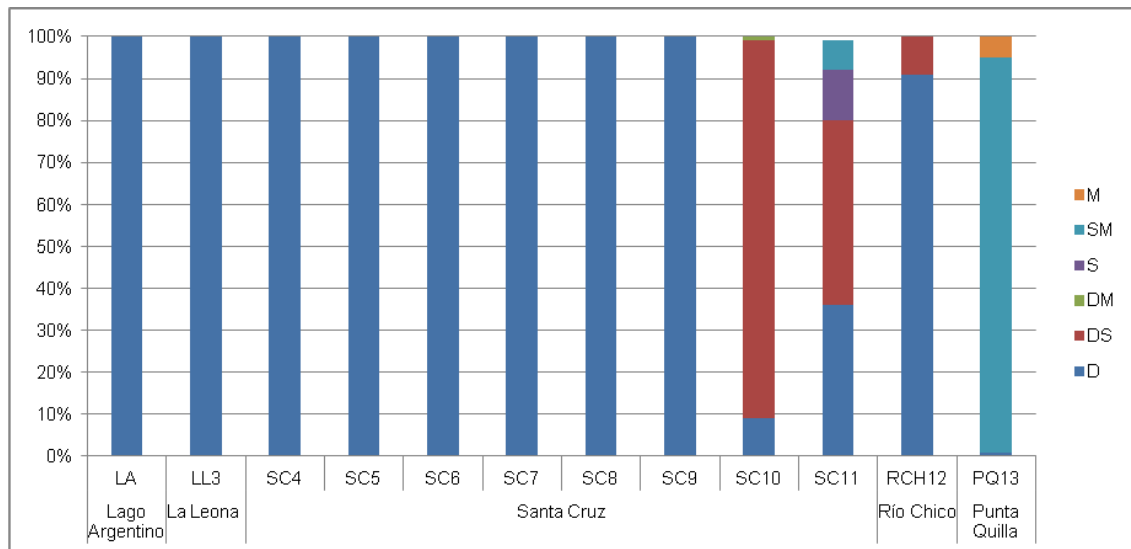


Figura 13-22. Proporción de especies según concentración de sales.

M: Marino. **SM:** Salobre-Marino **S:** Salobre **DM:** Dulce- Marino **DS:** Dulce Salobre **D:** Dulce

Esta diversidad de hábitats se confirma con el análisis de disimilitud Bray-Curtis calculado sobre los datos cuantitativos, lo diferencias taxonómicas entre los sitios analizados. (Figura 13-23). En el mismo, se observan dos grupos. Uno de ellos constituido por los sitios con características salobres. El segundo grupo por aquellos sitios donde las especies son de agua dulce.

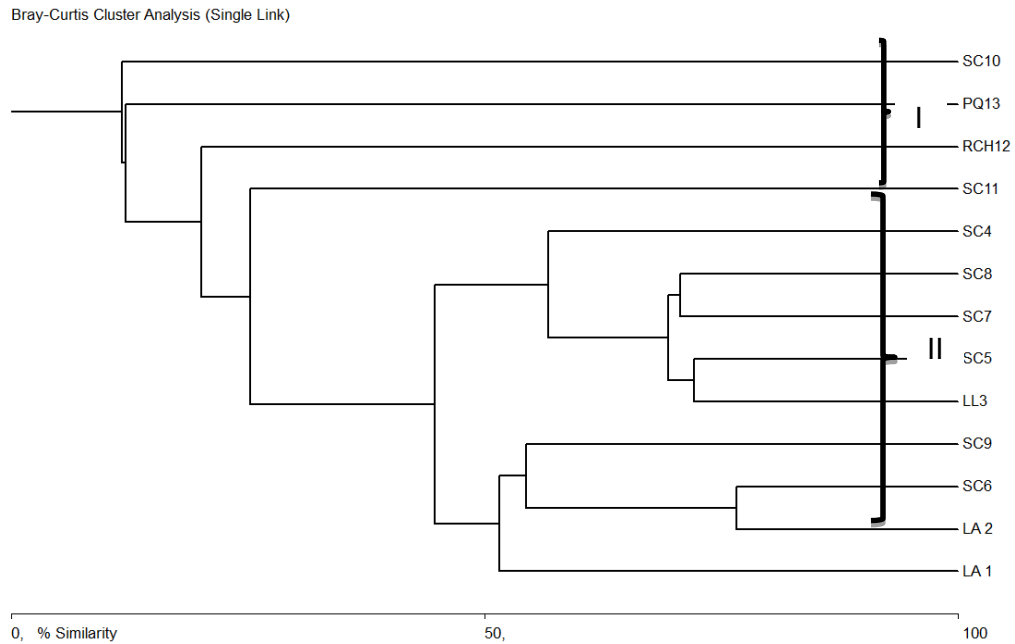


Figura 13-23. Análisis de disimilitud según abundancia de especies de fitoplancton.

Con respecto a la riqueza de especies la misma fue variable entre los sitios analizados. La mayor riqueza específica (13) se presentó en el Río Chico y en Lago Argentino (LA1).

En el sitio próximo a El Calafate del Lago argentino (LA1) el número de especies fue de 13, seguido por SC9 (ruta 3) y SC11 (desembocadura) con 12 taxa. En SC 10 la riqueza fue de 8 taxa. En los restantes sitios del Río Santa Cruz osciló entre 3, 4, 5 y 6 especies. El Río La Leona constituyó el sitio con el menor número de especies (3) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Asimismo, la densidad algal fue variable con las mayores densidades en ruta 3 (SC9) con 9620 cél/ml, seguido por SC11 (desembocadura) con 7360 cél/ml, SC10 con 4800 cél/ml y SC6 con 4060 cél/ml.

La menor densidad registrada se presentó en SC5 con 640 cél/ml.

En el Lago Argentino la densidad algal fue mayor en la estación LA1 con 6900 cél/ml. Mientras que próximo a la desembocadura (LA2) la densidad descendió a 3140 cél/ml (Figura 13-24).

Esta variación puede deberse a las condiciones hidráulicas (comienzo de la potamofase) e influencia del viento en los momentos del monitoreo, lo que puede comprobarse con la continuidad de los estudios y complementación de los mismos con la información hidrométrica para este momento considerado.

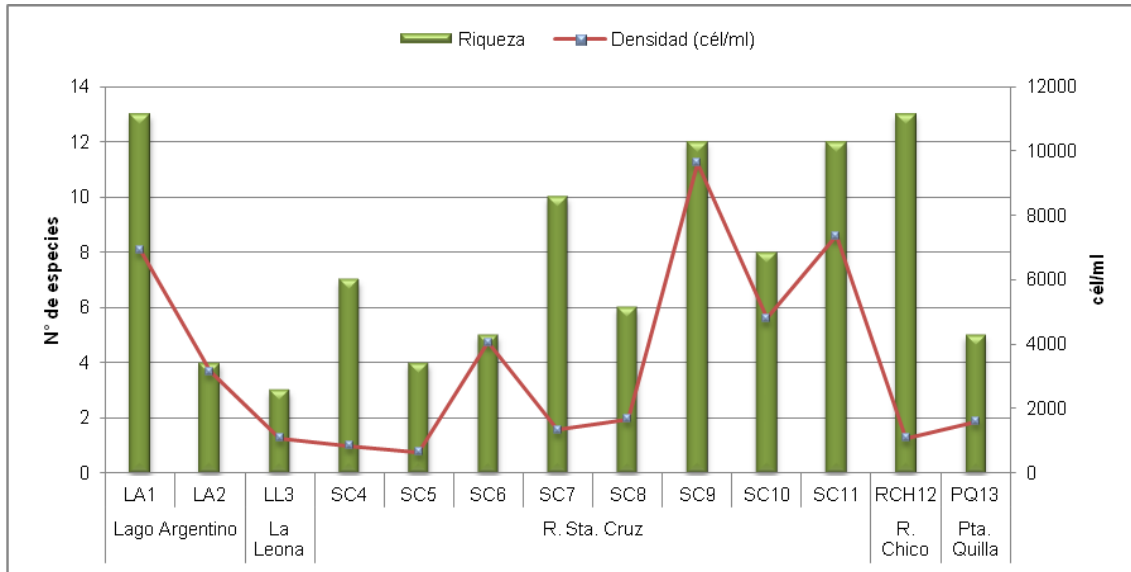


Figura 13-24. Riqueza de especies y densidad celular de la fracción fitoplanctónica, Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

Según la riqueza de especies y densidad por sitio de monitoreo, las comunidades correspondientes a LA1, SC4, SC7, SC9, SC11 y RCH12 se registran diversas con un promedio de 1.43 nat. Se registra dominancia de especies en PQ13 ($\lambda = 0.9$), SC10 ($\lambda = 0.8$), LA 2 ($\lambda = 0.7$) y SC6 ($\lambda = 0.6$), (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

En Punta Quilla la dominancia está dada por la diatomea *Paralia sulcata* (bentónica, salobre marina). En SC10 por la cianófita *Planktoyngbya limnetica* (especie planctónica de agua dulce). En LA2 y SC6 por la diatomea planctónica *Cyclotella ocelata*.

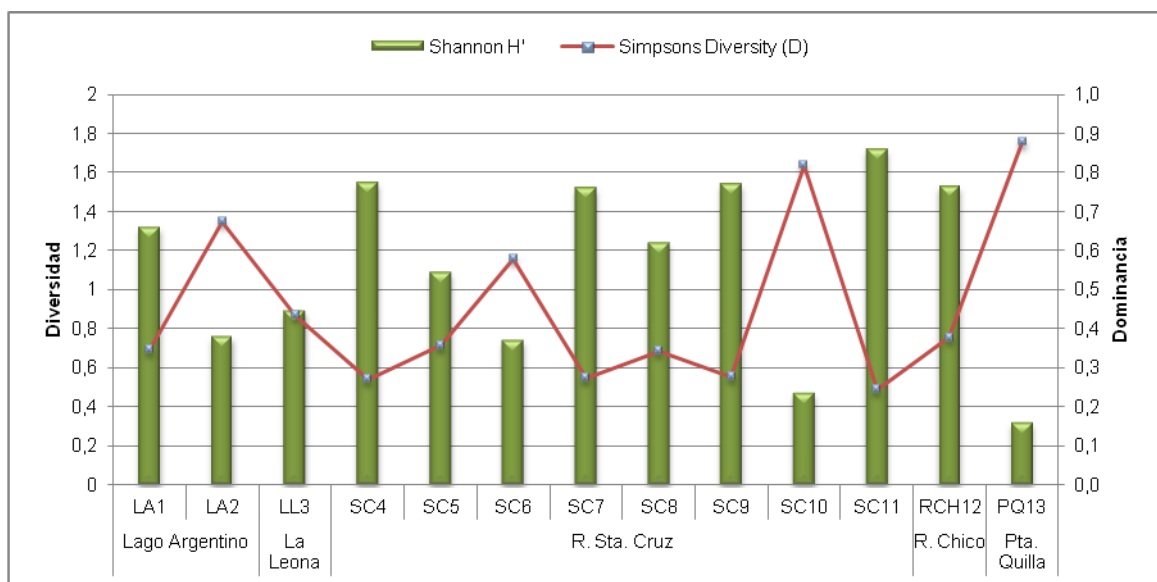


Figura 13-25. Diversidad y Dominancia de especies de la fracción fitoplanctónica, Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

13.4.5 Fitobentos

En la comunidad fitobentónica, se describió un total de 82 especies, con dominancia de diatomeas (79%), seguidas por clorofíceas (13%), cianofíceas (6%) y 1% de euglenofíceas.

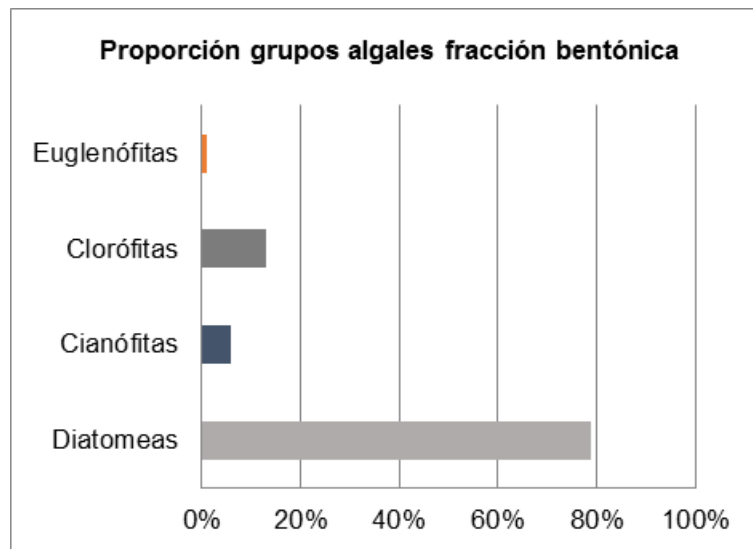


Figura 13-26. Proporción de grupos algales de la fracción fitobentónica de la Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016

Teniendo en cuenta cada sitio analizado, en el Río La Leona (LL3), SC9 (ruta 3) y en el Río Chico, la proporción de algas cianofíceas fue alta. Este grupo también estuvo presente en SC4, SC5 SC8 y SC7 en menor proporción. Las diatomeas registraron mayor proporción en todos los sitios, excepto en donde lo hicieron las cianófitas. Las algas verdes se registraron en baja proporción en La Leona, Río Santa Cruz (SC7, SC8, SC10, SC11) y en Río Chico (Figura 13-35).

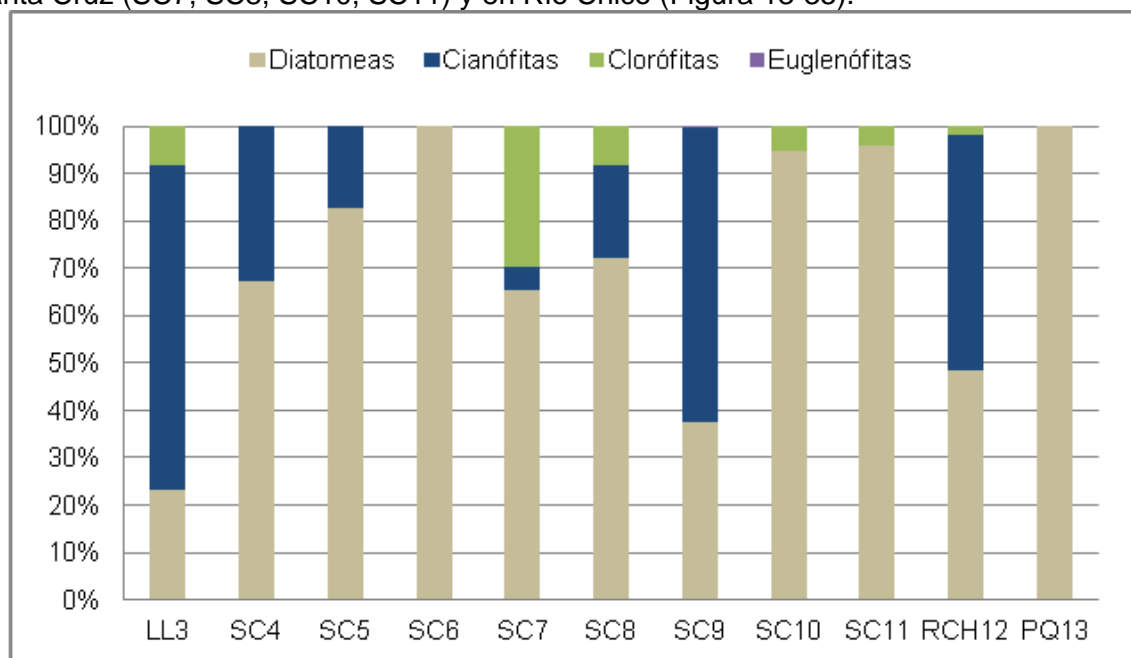


Figura 13-27. Proporción de grupos algales de la fracción fitobentónica en cada sitio de monitoreo. Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016

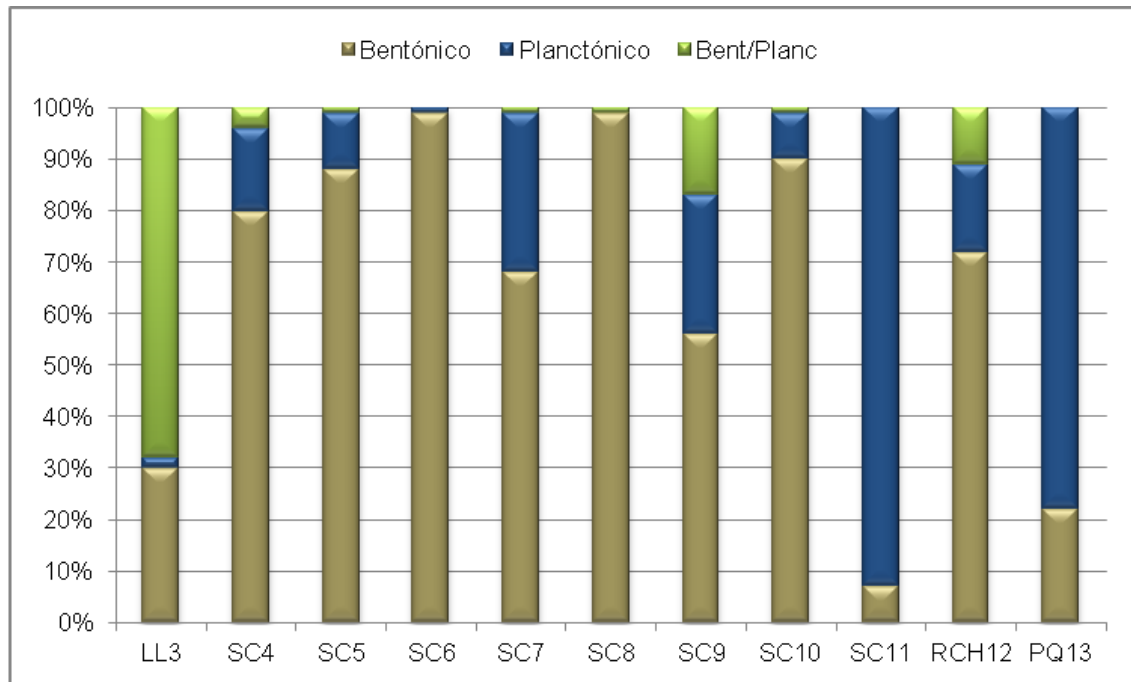


Figura 13-28. Proporción de algas de la fracción bentónica según hábito de vida. Cuenca del Río Santa Cruz. Noviembre 2016

Teniendo en cuenta el tipo de sustrato donde fueron obtenidas las muestras epilíton (sobre rocas), episámon (sobre arena), epipelón (sobre arcilla) y epifíton (sobre vegetación sumergida), la mayor colonización por especies bentónicas se presentó en el epifíton (87%) y 6% en la combinación de epilíton /epipelón (piedras y arcilla) (Figura 13-37).

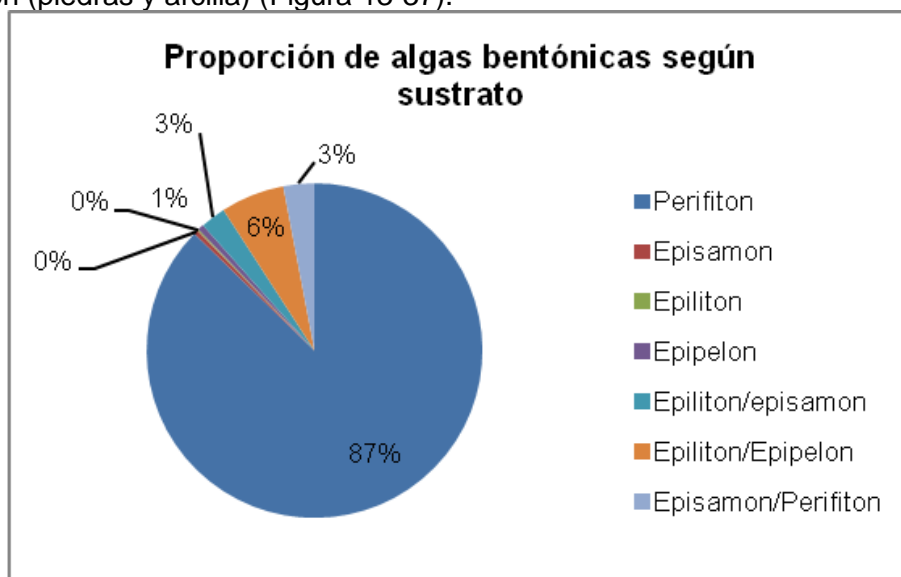


Figura 13-29. Proporción de algas de la fracción bentónicas según tipo de sustrato.

En general las algas presentes son dulceacuícolas excepto en La Leona donde hay alta proporción de algas adaptadas a un amplio rango de concentración de sales (eurihalinas). En la desembocadura, al igual que en la fracción fitoplanctónica la comunidad incorpora especies salobres y /o marinas. En Punta Quilla como es de esperar se identificó mayor proporción de especies marinas. (Figura 13-38).

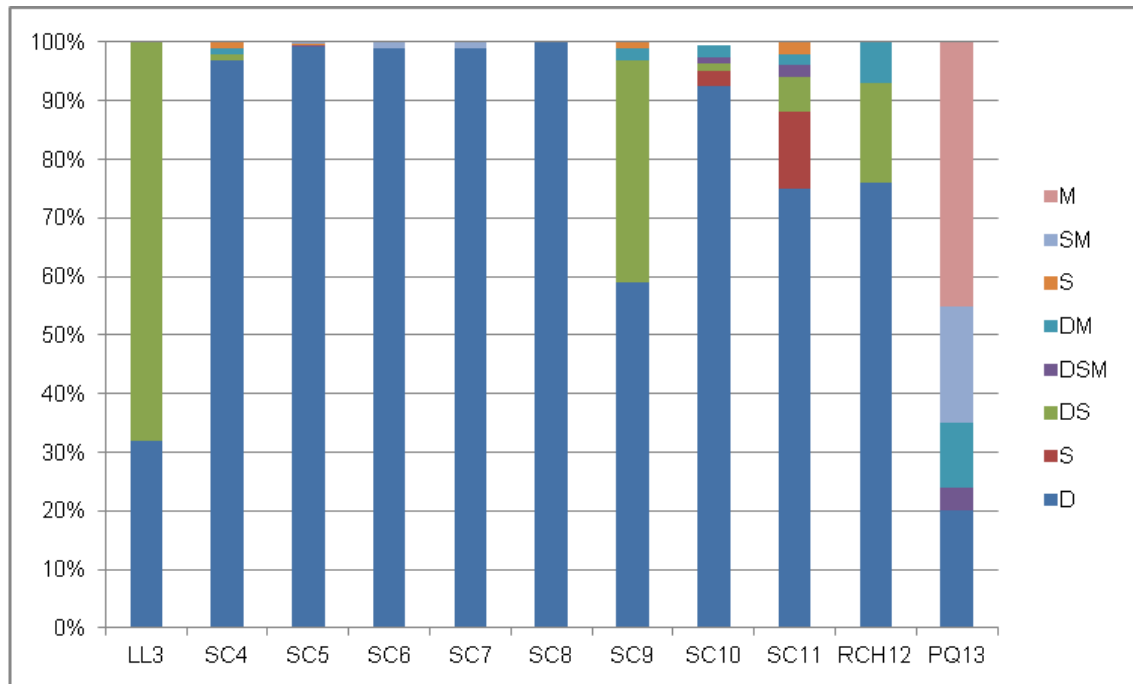


Figura 13-30. Proporción de especies según concentración de sales.

M: Marino. SM: Salobre-Marino S: Salobre DM: Dulce- Marino DS: Dulce Salobre D: Dulce

El análisis de disimilitud Bray – Curtis realizado sobre la frecuencia relativa de las abundancias de especies, el dendrograma determina dos grupos: Los sitios que presentan especies adaptadas a ambientes salobres (SC11 y PQ13). Y el segundo grupo por especies de agua dulce, pero, con mayor distancia euclídeana la comunidad correspondiente a La Leona, la cual se encuentra constituida por especies dulceacuícolas y eurihalinas (Figura 13-31).

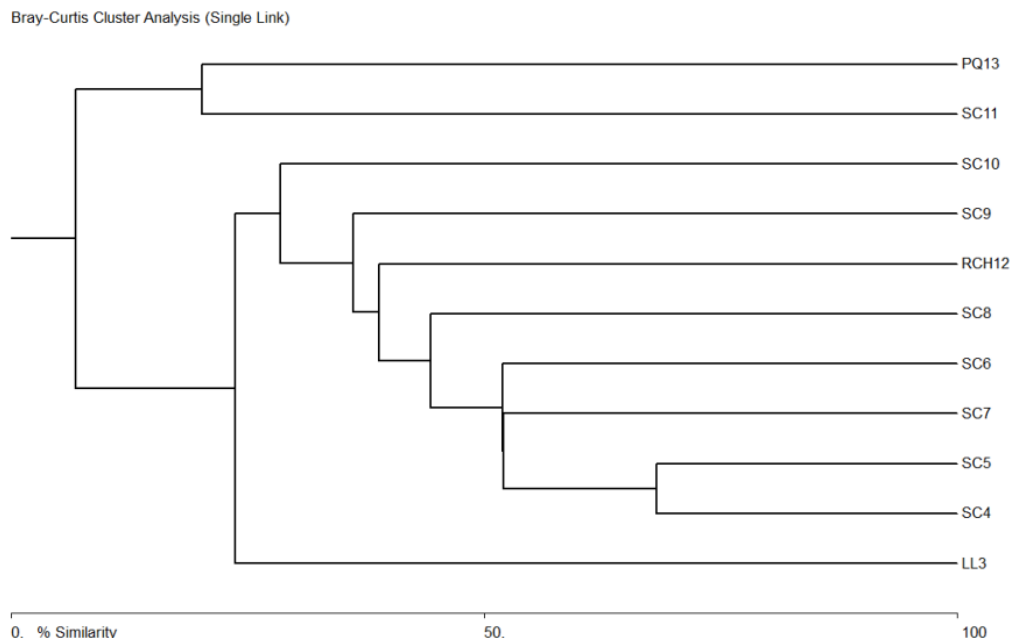


Figura 13-31. Figura e6: Análisis de disimilitud según abundancia de especies de fitoplancton.

Se destacan algunas especies por su mayor distribución espacial (>50%) teniendo en cuenta los 11 sitios analizados (Figura 13-40).

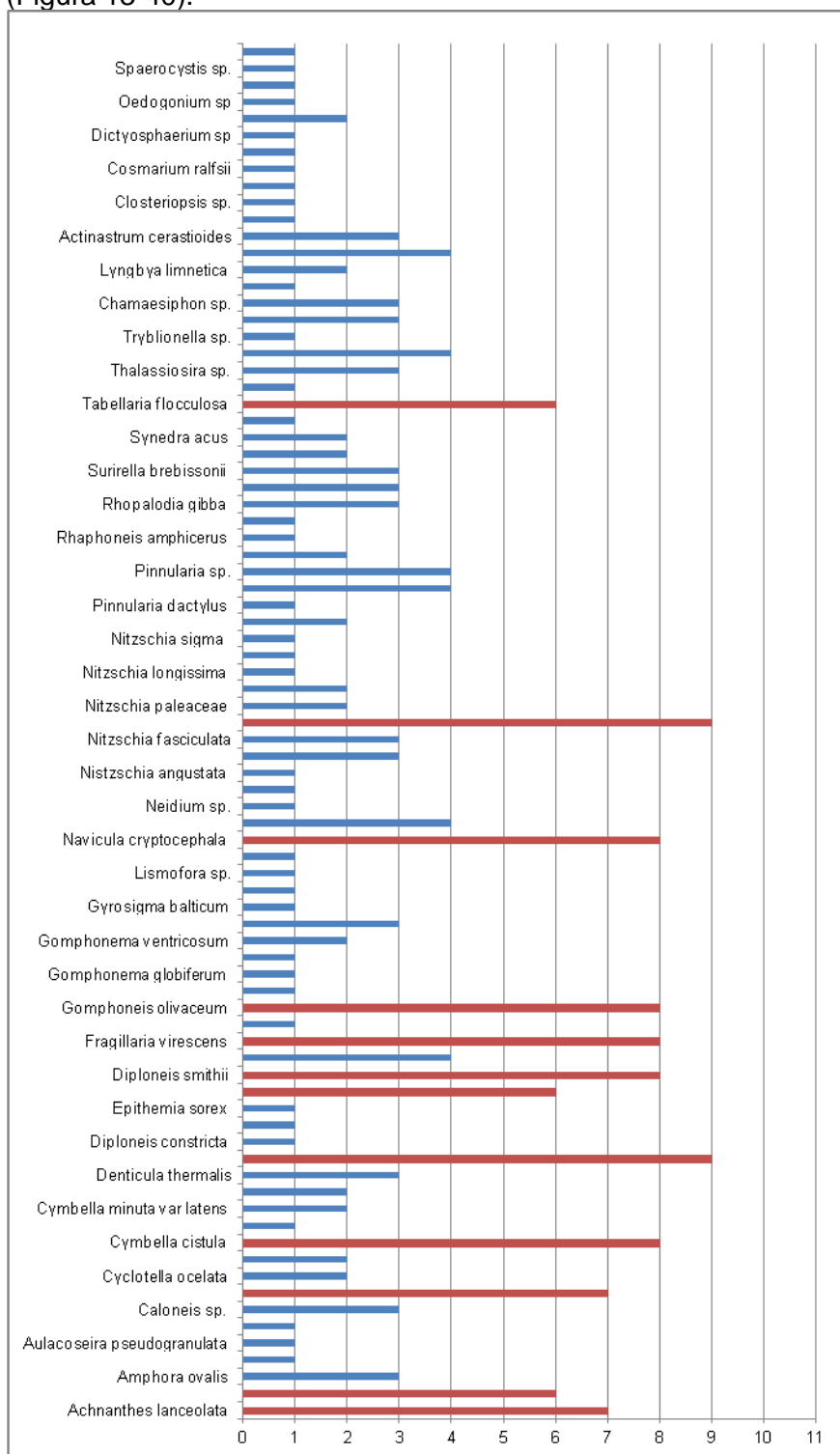


Figura 13-32. Frecuencia espacial de las especies identificadas en la fracción fitobentónica. Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016.

Nitzschia palea y *Diatoma tenue* presentes en 9 sitios

Navicula cryptocephala, *Fragilaria virescens*, *Gomphoneis olivaceum*, *Diploneis smithii* y *Cymbella minuta* se registraron en 8 sitios.

Coconeis placentula y *Achnanthes lanceolata* en 7 sitios.

Tabellaria flocculosa, *Eunotia pectinalis* y *Achnanthes minutissima* en 6 sitios.

Las restantes especies presentaron distribución más restringida.

Navicula cryptocephala, *Gomphoneis olivaceum*, *Diploneis smithii*, *Coconeis placentula* han sido identificadas en lagos y lagunas del sur de la Provincia de Santa Cruz de aguas alcalinas y baja conductividad, (Maidana et al, 2005).

Teniendo en cuenta las especies que se identificaron en más de dos sitios de monitoreo, en general todas son cosmopolitas, con diferentes niveles de tolerancia a la falta de caudal, pH, concentración de sales, de materia orgánica y de nutrientes, (Lowe, 1974, Segura García et al, 2011, ID-TAX).

En la Tabla 13-7, se presentan características de algunas de las especies con alta frecuencia espacial en la Cuenca del Río Santa Cruz, (Lowe, 1974, Segura García et al, 2011, ID-TAX).

Las mismas son descriptas según:

ACUÁTICA ESTRICTA: Taxón que vive exclusivamente en ecosistemas acuático.

SUBAÉREA: Taxón que soporta periodos prolongados de sequedad

NEUTRÓFILA: Taxón que vive preferentemente en aguas neutras

ALCALÍFILA: Taxón que vive preferentemente en aguas alcalinas

ALCALIBIONTE: Taxón que vive exclusivamente es aguas alcalinas

ACIDÓFILA: Taxón que vive preferentemente en aguas ácidas

EURIHALOBIA: Taxón que vive en aguas con alto o bajo contenido de sales

HALÓFILA: Taxón que vive preferentemente en aguas con alto contenido de sales

HALÓFOBA: Taxón que vive preferentemente en aguas con bajo contenido de sales

OLIGOSAPRÓBILA: Taxón que vive preferentemente bajo condiciones oligo-mesosapróbicas (contenido bajo-moderado en materia orgánica)

MESOSAPRÓBILA: Taxón que vive preferentemente bajo condiciones mesosapróbicas (contenido moderado en materia orgánica)

POLISAPRÓBILA: Taxón que vive preferentemente bajo condiciones con alta degradación de materia orgánica y bajo a nulo contenido de oxígeno

HIPEREUTRÓFILA: Taxón que vive preferentemente bajo condiciones hipereutróficas (contenido alto en nutrientes)

EUTRÓFILA: Taxón que vive preferentemente bajo condiciones eutróficas (contenido alto en nutrientes)

OLIGOTRÓFILA: Taxón que vive preferentemente bajo condiciones oligotróficas (contenido bajo en nutrientes)

Tabla 13-7. Tabla e1: Autoecología de algunas de las especies presentes en alta frecuencia en el área de estudio. Noviembre 2016

	Hábito de vida	Tipo de agua	pH	Salinidad	Contenido de Materia Orgánica	Carga nutrientes	Tolerancia sequía
<i>Nitzschia palea</i>	Planctónica	Dulceacuícola	Neutrófila	Eurihalobia	Polisapróbila	Hipereutrófila	Subaérea
<i>Diatoma tenue</i>	Béntica	Dulceacuícola	Alcalífila	Halófila	Mesosapróbila	Eutrófila	Acuática estricta
<i>Navicula cryptocephala</i>	Planctónica	Dulceacuícola	Neutrófila		Mesosapróbila	Eutrófila	
<i>Gomphoneis olivaceum</i>	Béntica	Dulceacuícola	Alcalibionte	Eurihalobia	Mesosapróbila	Eutrófila	Acuática estricta
<i>Fragilaria virescens</i>	Planctónica	Dulceacuícola	Neutrófila	Halófoba	Oligosapróbila		
<i>Diploneis smithii</i>	Béntica	Dulceacuícola	Alcalífila	Eurihalobia	Mesosapróbila		Subaérea
<i>Cymbella cistula</i>	Béntica	Dulceacuícola	Alcalífila	Eurihalobia	Mesosapróbila	Eutrófila	Acuática estricta
<i>Cocconeis placentula</i>	Béntica	Dulceacuícola	Alcalífila	Eurihalobia	Mesosapróbila	Eutrófila	
<i>Achnanthes lanceolata</i>	Béntica	Dulceacuícola	Alcalífila	Eurihalobia	Oligosapróbila		
<i>Tabellaria flocculosa</i>	Béntica	Dulceacuícola	Acidófila		Mesosapróbila	Mesotrófila	Subaérea
<i>Eunotia pectinalis</i>	Béntica	Dulceacuícola	Acidófila	Halófoba	Oligosapróbila Mesosapróbila	Oligotrófila- Eutrófila	
<i>Achnanthes minutissima</i>	Planctónica	Dulceacuícola	Neutrófila	Eurihalobia	Mesosapróbila		Subaérea
<i>Suriella angusta</i>	Béntica		Acidófila		Oligosapróbila	Oligotrófila	
<i>Suriella brebissonii</i>	Béntica		Alcalífila	Halófoba		Eutrófila	
<i>Rhopalodia gibba</i>	Béntica	Dulceacuícola	Alcalibionte		Mesosapróbila	Eutrófila	Subaérea
<i>Pinnularia microstaurum</i>	Béntica	Dulceacuícola	Neutrófila		Mesosapróbila		Subaérea
<i>Navicula rhynchocephala</i>	Planctónica	Dulceacuícola	Alcalífila	Eurihalobia	Mesosapróbila		
<i>Fragilaria ulna</i>	Béntica	Dulceacuícola	Alcalífila	Eurihalobia	Mesosapróbila		
<i>Amphora ovalis</i>	Planctónica	Dulceacuícola	Alcalífila	Eurihalobia	Mesosapróbila	Eutrófila	Acuática estricta

La mayoría de las especies con mayor frecuencia espacial son de hábito bentónico y de aguas dulces.

En general las especies son propias de ambientes con aguas neutras a alcalina, y toleran amplios rangos de Conductividad Eléctrica.

La riqueza de especies fue variable entre los sitios de monitoreo, entre 10 y 31 taxa. Con el mayor valor registrado en el Río Santa Cruz en ruta 3 (SC9). En SC4, SC5, SC7 el número de taxa fue de 24 a 25 especies. Descendiendo en SC10 y SC11 (19 y 20 especies respectivamente). En los sitios de aguas arriba y aguas abajo del eje JC, se registró la menor riqueza (10 y 11 especies). En el Río La Leona la comunidad presentó 19 especies. Río Chico 25 y PQ13 9, (Figura 13-33; Anexo I - Mapa 2).

En general la densidad fue inferior a 10000 cél/cm². Con los menores valores en SC6 y SC8 (donde también la riqueza fue baja) con 695 y 291 cél/m² respectivamente. Esto puede deberse a las características hidrológicas en estos sitios, donde la velocidad de corriente no permiten el asentamiento de una comunidad diversa. En el Río La Leona la comunidad presentó la mayor densidad registrada, con 47911 cél/cm², (Figura 13-32).

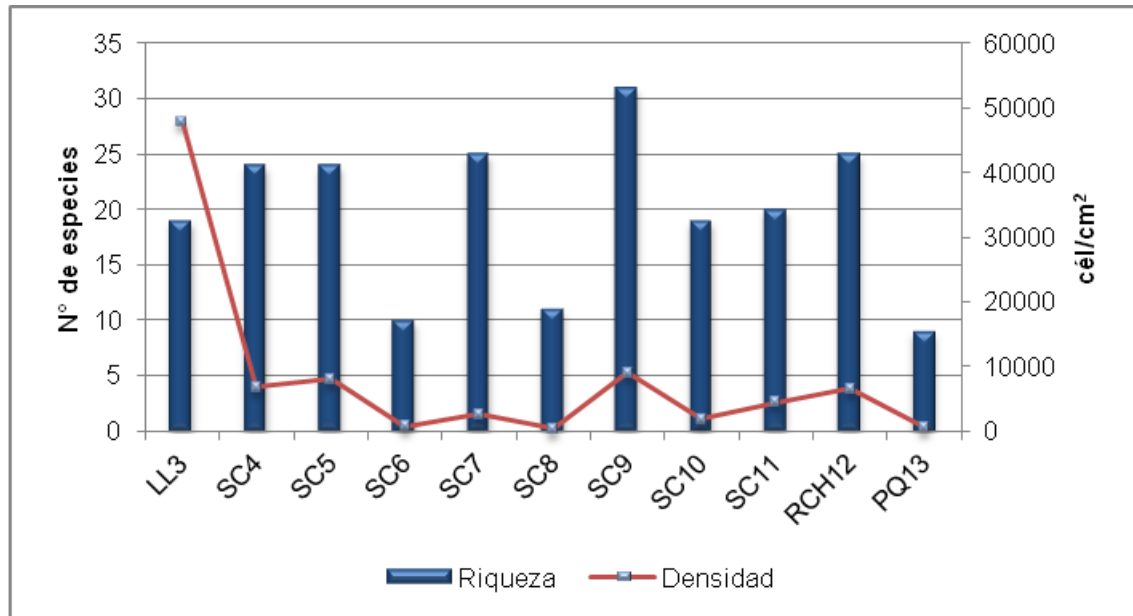


Figura 13-33. Figura e8: Riqueza de especies y densidad de algas de la fracción fitobentónica. Noviembre 2016.

Las comunidades más diversas fueron las correspondientes a los sitios del Río Chico y Río Santa Cruz ($H' \geq 1.8$), excepto en SC10 y SC11 ($H' = 1.3$ nats), al igual que el Río La Leona donde se registró la menor diversidad ($H' = 1.04$ nats). Estas tres comunidades además de registrar la menor diversidad presentaron dominancia de especies (Figura 13-34; Anexo I - Mapa 3).

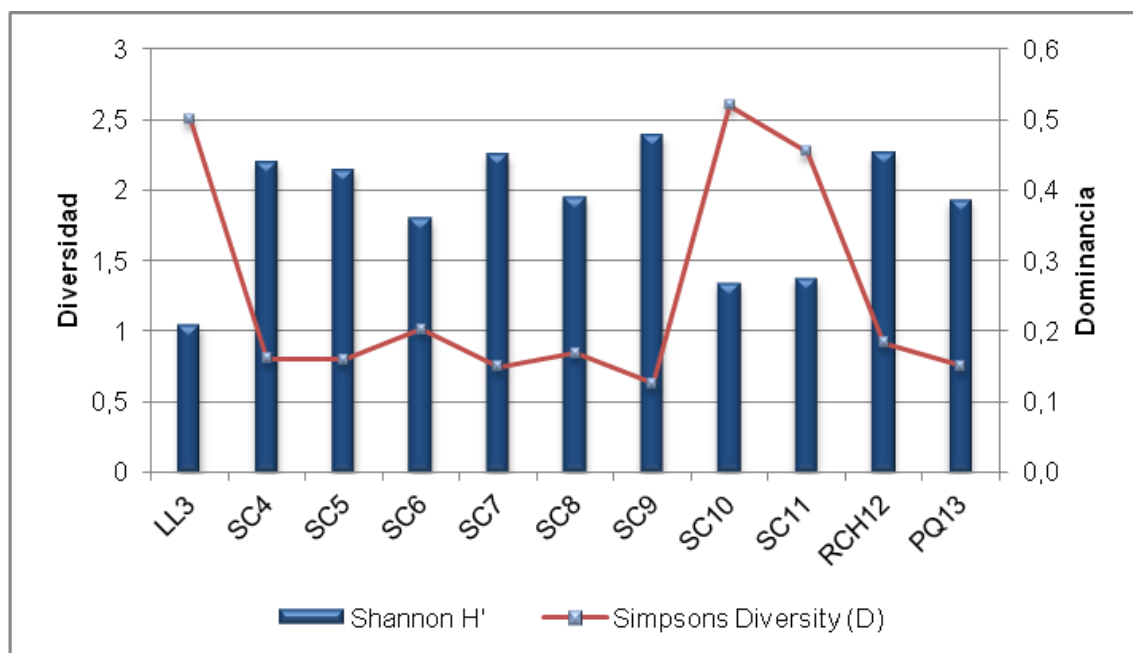


Figura 13-34. Figura e9: Diversidad y Dominancia de especies de las comunidades fitobentónicas. Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016

En el Río La Leona (LL3) la dominancia es debida a la cianoficea *Anabaena torulosa*, la cual es fijadora de Nitrógeno. En SC10 por la diatomea colonial *Eunotia pectinalis*. Y en SC 11 por la diatomea *Aulacoseira distans*.

13.4.6 Zooplancton

Se identificaron 16 especies: cinco amebas tecadas, un ciliado, seis rotíferos, un tardígrado, dos copépodos y un cladócero (Tabla 13-8). Se hallaron representantes típicos de la comunidad planctónica, así como también organismos ticoplanctónicos que en forma esporádica se hallan en la columna de agua y que provienen de zonas litorales y del sedimento.

Los organismos registrados son cosmopolitas o con amplia distribución. El rotífero *Notholca labis* es estenotermo del frío, desarrollándose en ambientes con temperaturas menores a los 15 °C mientras que los otros taxa no muestran preferencia por un determinado rango térmico. Todos se registran habitualmente en ambientes típicamente dulceacuícolas.

En la muestra tomada en Pta. Quilla se observó la presencia de organismos (foraminíferos, ciertas diatomeas) que requieren elevada salinidad como la registrada en este punto de muestreo.

La riqueza específica fue escasa en la mayoría de los sitios de muestreo, con un máximo de nueve especies en la muestra correspondiente al Río Chico (Figura 13-43, Anexo I - Mapa 2).

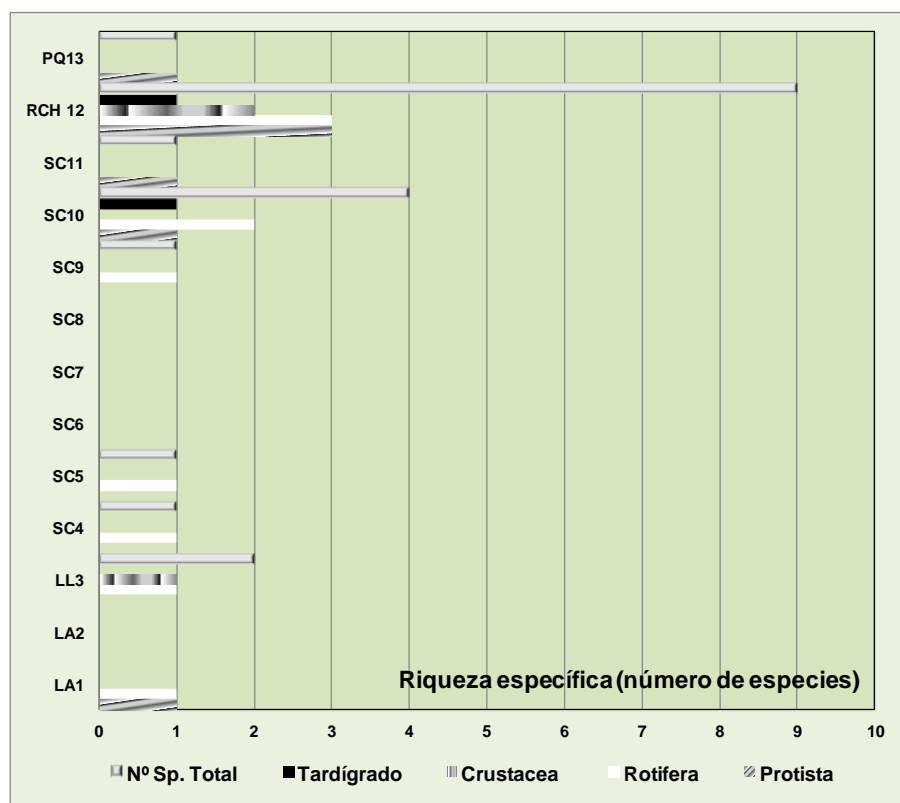


Figura 13-35. Variación espacial de la riqueza específica del zooplancton. Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016

Las muestras LA2, SC6, SC7 y SC8 no registraron individuos por lo que serán excluidas de los análisis.

Los protistas (amebas y ciliados) estuvieron ausentes en SC5, SC9, LL3 y SC4. En la muestra SC11 fueron los únicos representantes (un ciliado). Los rotíferos resultaron ausentes solo en dos muestras (Pta. Quilla 13 y SC11) mientras que fueron los únicos representantes del zooplancton en SC9 (Fig. 1). Los crustáceos fueron registrados en SC5, RCH 12, Pta. Quilla 13, LL3 y SC4. La presencia de tardígrados correspondió a las muestras RCH 12 y SC10 (en ambas ocasiones por una especie del género *Hypsibius*).

La abundancia total del zooplancton fue muy escasa en todos los sitios de muestreo (Figura 13-36, Tabla 13-8), con la mayor densidad registrada en la comunidad correspondiente a RCH 12, con 64 ind/L.

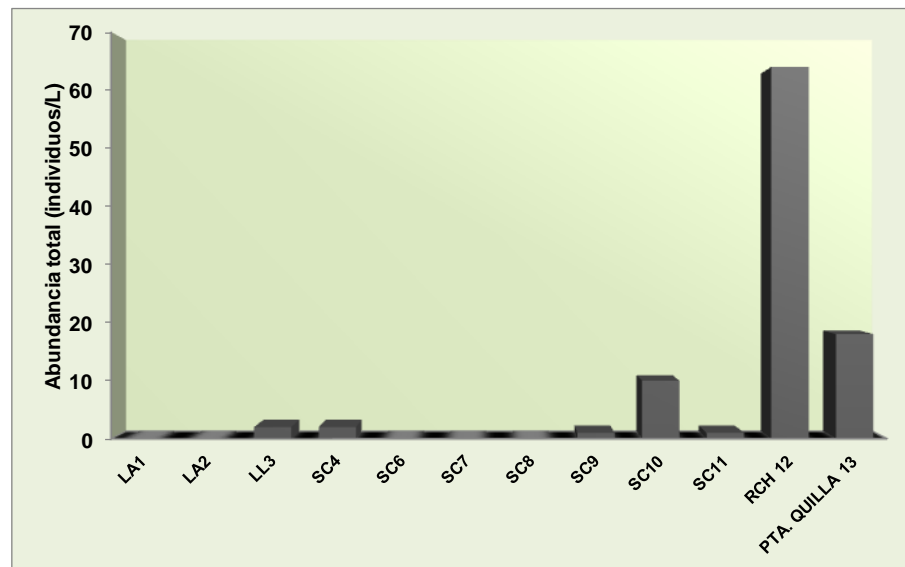


Figura 13-36. Variación espacial de la abundancia total zooplanctónica. Cuenca Río Santa Cruz.
Noviembre 2016

Tabla 13-8. Composición específica y abundancia del zooplancton. Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016

	Lago Argentino		La Leona	Río Santa Cruz								Río Chico	Punta Quilla	
	LA1	LA2	LL3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10	SC11	RCH12	PQ13	
PROTISTA														
Amoebozoa														
<i>Arcella hemisphaerica</i>												16,0		
<i>Centropyxis ecornis</i>										2,0			10,0	
<i>Cyclopyxis kahli</i>	0,4													
<i>Diffugia gramen</i>												4,0		
<i>Diffugia constricta</i>												4,0		
Ciliophora														
<i>Ciliado sp.1</i>											1,0			
ROTIFERA														
<i>Asplanchna sp.</i>												4,0		
<i>Bdelloideo sp.</i>			1,0						1,0	4,0		4,0		
<i>Lecane monostyla</i>				1,0						2,0				
<i>Keratella cochlearis</i>	0,1													
<i>Cephalodella sp.</i>												4,0		
<i>Notholca labis</i>					1,0									
ARTHROPODA														
Crustacea														
Branchiopoda														
<i>Macrothrix sp.</i>												4,0		
Maxillopoda														
Copepodito Calanoideo													4,0	
Copepodito harpacticoideo					1,0							4,0		
Larva nauplii				1,0										
Naupli Harpacticoida												4,0	4,0	
Harpacticoida												12,0		
<i>Notodiptomus sp.</i>			1,0											
Tardígrada														
<i>Hypsibius sp.</i>										2,0		4,0		
Densidad (indiv./m³)	0,5	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	10,0	1,0	64,0	18,0

Los protistas fueron dominantes numéricamente en el Lago Argentino (LA1), PQ13 y SC11, mientras que codominaron en RCH 12 junto a los crustáceos. Los rotíferos predominaron en SC9 y SC10, mientras que fueron codominantes en SC5, LL3 y SC4 con los crustáceos. Los tardígrados se constituyeron como codominantes en SC10 y RCH12, (Figura 13-37).

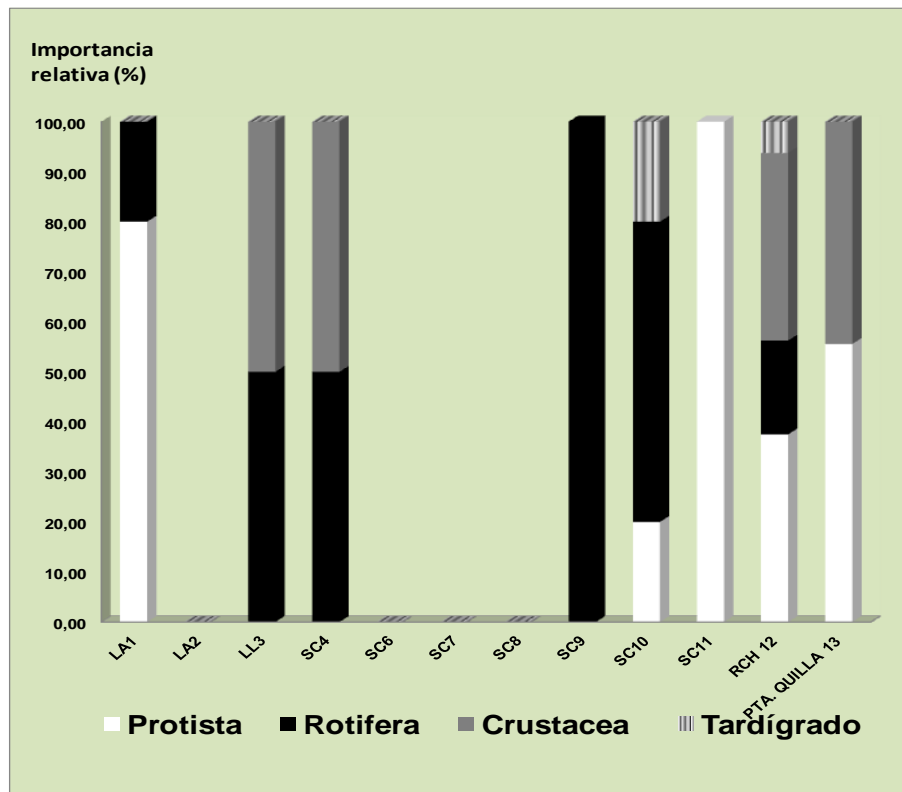


Figura 13-37. Variación espacial de la importancia relativa de los grupos zooplanctónicos. Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016

Los índices de diversidad específica fueron calculados para aquellas muestras en que la riqueza específica fue mayor a uno, por lo que su análisis se efectuó en seis de las once muestras. Los valores de los índices de diversidad específica fueron bajos debido al escaso número de especies y abundancia de las mismas, excepto en RCH2 donde $H' = 2.22$ nats. Los valores de equitabilidad son altos e incluso máximos (en tres sitios) debido a que el valor de abundancia de las especies es muy similar (Figura 13-38; Anexo I - Mapa 3).

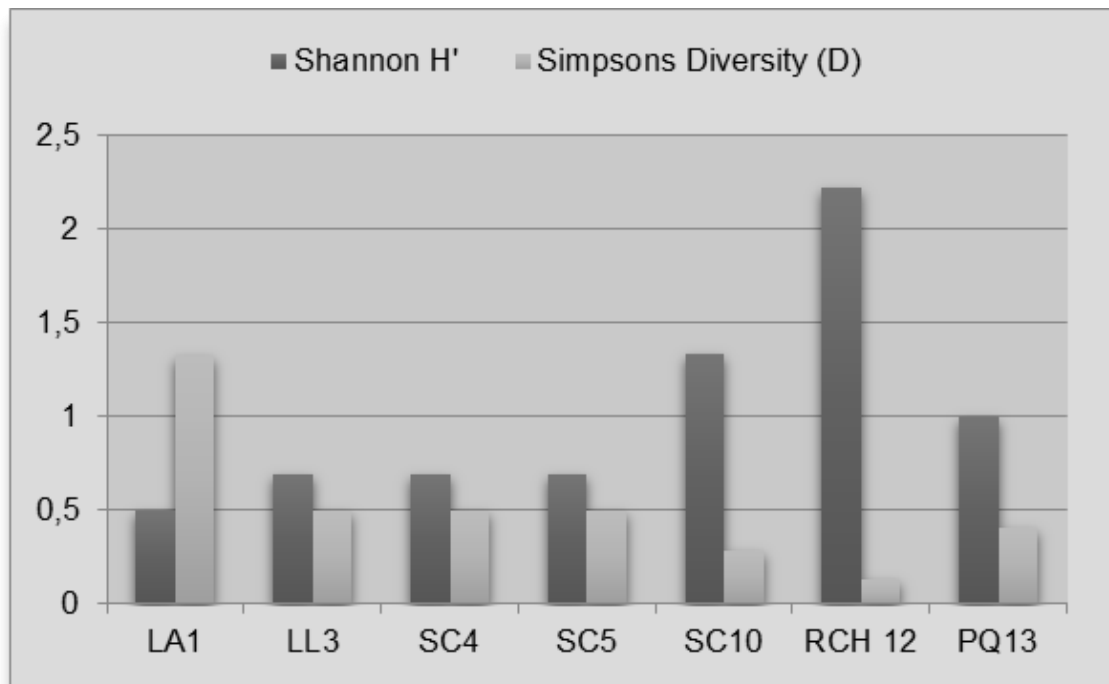


Figura 13-38. Variación espacial de los valores de los índices de diversidad y equitabilidad del zooplancton. Cuenca Río Santa Cruz. Noviembre 2016

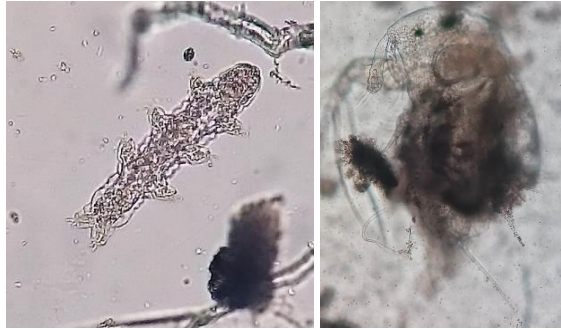
Algunos taxa registrados (sin relación de tamaño entre imágenes)



Hembra de *Notodiaptomus* sp. Larva nauplius



Notholca labis *Centropyxis ecornis*



Hypsibius sp. Macrothrix sp.



Harpaticoideo

13.4.7 Macroinvertebrados

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos estuvo representada por 43 taxones, pertenecientes a 26 familias. Los insectos de orden Diptera, con 15 taxones constituyeron el grupo mejor representado, luego siguieron Annelida y Ephemeroptera con 7 y 4 taxones respectivamente (Figura 13-39, Anexo I - Mapa 2). Estos resultados son similares a los documentados por Tagliaferro y otros (2013), quienes en un relevamiento del río Santa Cruz determinaron 38 taxones, y muy superiores a los encontrados en la Línea de Base Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental aprovechamientos hidroeléctricos del Río Santa Cruz (Serman & asociados s.a., 2015 para Represas Patagonia), quienes reportaron sólo 14 taxones.

En tanto a la abundancia relativa porcentual, también Diptera y Annelida fueron los taxones dominantes con 32% y 22% respectivamente. Dentro de estos grupos se destacaron por su abundancia los dípteros de la familia Chironomidae y en los segundos los oligoquetos de las familias Naididae y Haplotaxidae, resultados similares a los registrados en el EIA del proyecto original (Serman & asociados s.a., 2015 para Represas Patagonia). Otros grupos destacados fueron Mollusca, Ephemeroptera y Crustacea con valores que oscilaron entre 12% y 10% (Figura 13-39).

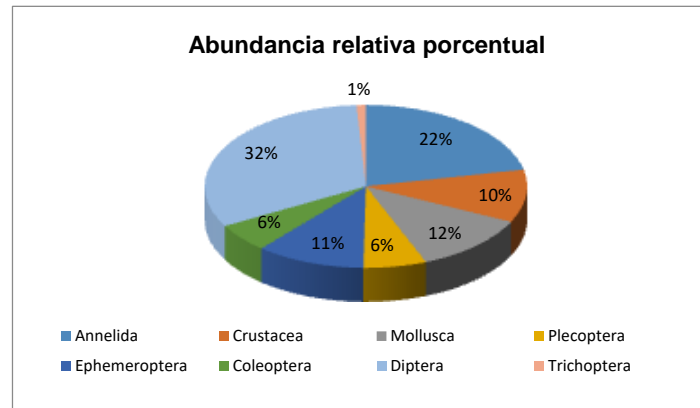


Figura 13-39. Abundancia relativa porcentual de los principales taxones de macroinvertebrados. Noviembre de 2016.

Los taxones con mayor frecuencia de aparición en los sitios relevados fueron *Lumbriculus variegatus* (Oligochaeta), *Hyalella araucana* (Amphipoda) y *Limnoperla jaffueli* (Plecoptera) presentes en el 70% de los sitios (Figura 13-40). Otros taxones muy frecuentes resultaron ser *Lymnaea viatrix* (Mollusca) y *Meridialaris chiloeensis* (Ephemeroptera), hallados en 6 de los 10 sitios muestreados (60%).

Tabla 13-9. Abundancia absoluta de macroinvertebrados acuáticos según sitio de muestreo. Noviembre de 2016

Taxón	Familia	Especie		Leona	Santa Cruz								Chico	
				LL3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10	SC11	RCH12	
Platyhelminthes	Dugesidae	<i>Girardia sp.</i>	P	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	Naididae	<i>Naididae sp1</i>	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
		<i>Naididae sp2</i>	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0
	Haplotaxidae	<i>Haplotaxidae sp.</i>	P	2	0	0	0	0	3	1	0	0	0	3
	Lumbriculidae	<i>Lumbriculus variegatus</i>	CR	0	0	0	0	1	2	3	8	0	0	1
	Naidiae	<i>Limnodrilus sp.</i>	CR	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
		<i>Tubifex tubifex</i>	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	81	0	0
Glossiphoniidae	<i>Helobdella sp.</i>	P	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Mollusca	Chilliniidae	<i>Chillina sp.</i>	R	0	0	0	2	0	0	0	18	5	2	
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea viatrix</i>	R	0	12	5	9	18	8	3	0	0	0	
Crustacea	Photidae	<i>Gammaropsis sp.</i>	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	
	Hyalellidae	<i>Hyalella araucana</i>	CR	5	13	3	4	4	3	0	0	0	8	
	Paramunnidae	<i>Paramunnidae sp.</i>	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	
Acari	Acari	Acari spp.	P	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
Collembola	Collembola	Collembola spp.	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Plecoptera	Gripopterygidae	<i>Limnoperla jaffueli</i>	R	1	4	4	6	4	9	8	0	0	0	
		<i>Antarctoperla michaelsoni</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	Austroperlidae	<i>Klapopteryx kuscheli</i>	F	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Meridialaris chiloeensis</i>	R	5	1	1	1	0	10	4	0	0	0	
		<i>Meridialaris diguillina</i>	R	0	7	2	0	5	0	0	0	0	0	
	Baetidae	<i>Andesiops ardua</i>	R	33	0	0	1	0	0	0	0	0	4	
		<i>Andesiops torrens</i>	R	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
Coleoptera	Elmidae	<i>Luchoelmis cekalovici</i>	R	4	4	8	1	1	3	14	0	0	0	
	Dytiscidae	<i>Lancetes sp.</i>	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	Hydrophilidae	<i>Hydrophilidae sp.</i>	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Cailloma sp.</i>	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Atopsyche sp.</i>	P	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Hydropsychidae	<i>Smicridea dithyra</i>	CF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Diptera	Chironomidae	<i>Parachironomus sp.</i>	CR	0	0	0	0	0	0	0	86	0	0	
		<i>Dicrotendipes sp.</i>	CR	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	
		<i>Polypedilum sp.</i>	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
		<i>Paratrichocladius sp.</i>	CR	0	0	0	0	0	0	5	22	0	0	
		<i>Parametricnemus sp.</i>	CR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Cricotopus sp.</i>	CR	2	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
		<i>Orthocladinae sp.</i>	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
		<i>Eukiefferiella sp.</i>	CR	0	0	0	0	0	6	0	0	0	14	
		<i>Pentaneura sp.</i>	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	<i>Alotamypus sp.</i>	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	Tabanidae	<i>Tabanus sp.</i>	P	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
	Dolichopopidae	Dolichopopidae	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
	Tipulidae	<i>Hexatoma sp.</i>	P	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Muscidae	Muscidae	P	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0		
Simuliidae	<i>Cnesia sp.</i>	CF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12		

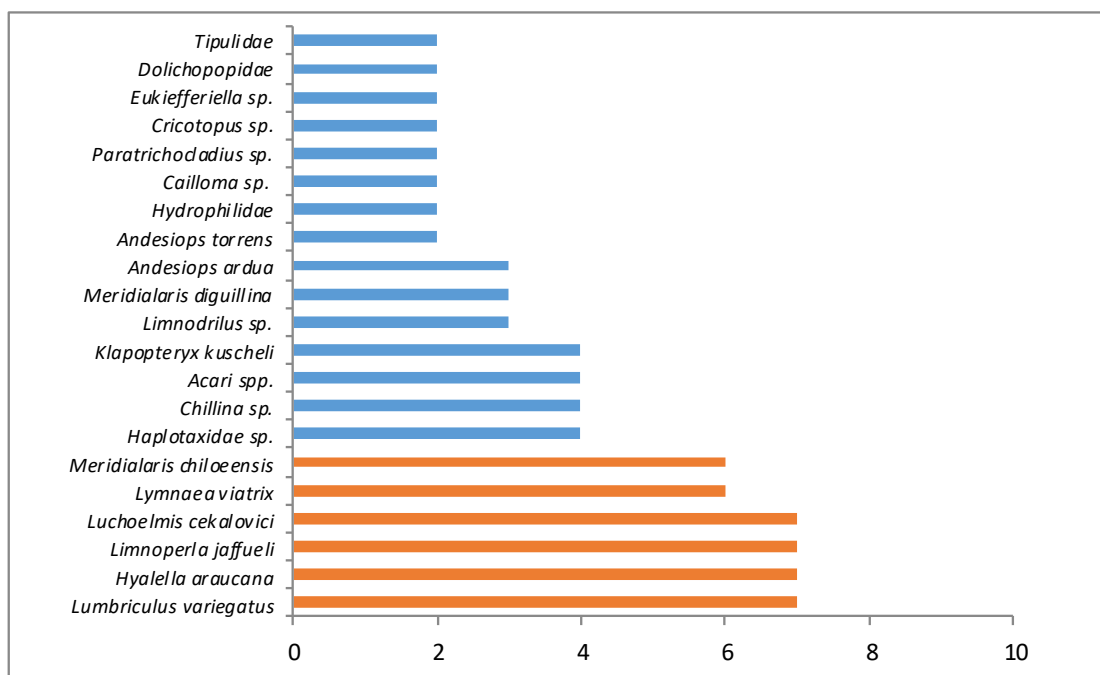


Figura 13-40. Frecuencia de macroinvertebrados, en rojo taxones con una frecuencia mayor al 50%. Noviembre de 2016.

Los insectos fueron el grupo taxonómico mejor representado en todos los sitios muestreados, salvo SC11, debido a su fuerte influencia marina estuvo dominado por crustáceos (Figura 13-41).

Dentro de los insectos el orden Ephemeroptera presentó una alta abundancia relativa, cercana a 70 %, en el río La Leona sitio LL3, debido principalmente a la presencia de *Andesiops ardua* (familia Baetidae). En los sitios del río Santa Cruz, donde el orden estuvo presente, su abundancia relativa osciló entre 10 y 20%, con *Meridialaris chiloeensis* (Figura 13-42) y *Meridialaris diguillina* (familia Leptophlebiidae) como especies dominantes. Las especies de Ephemeroptera encontradas de ambas familias, son típicas de ambientes lóticos de elevada velocidad de la corriente y sustrato pedregoso (Domínguez et al., 2009), particularmente la familia Leptophlebiidae es indicadora de calidad del agua, debido a que no tolera ambientes con alta carga orgánica y bajos tenores de oxígeno disuelto.

El orden Coleoptera fue otro taxón de insectos que se destacó principalmente en los sitios del río Santa Cruz con valores máximos cercanos al 32% de abundancia relativa en SC4 y SC8. Si bien en el orden se determinaron tres taxones, dos resultaron raras y con baja abundancia, sobresaliendo *Luchoelmis cekalovici* (familia Elmidae) (Figura 13-42). Las larvas como los adultos de la familia Elmidae viven en aguas corrientes, con alto contenido de oxígeno, pudiendo llegar a ser numerosas (Archangelsky et al., 2009). Se alimentan de algas perifíticas y su ciclo de desarrollo es muy lento, pudiendo llegar a varios años.

Otro orden con importante abundancia relativa fue Plecoptera, que estuvo representado por tres especies presentes en todos los sitios, salvo SC10 y SC11. Dos familias fueron determinadas, Gripopterygidae con *Antarctoperla michaelsoni* y *Limnoperla jaffueli* (Figura 13-42), particularmente esta última constituyó una de las especies de mayor frecuencia de aparición y Austroperlidae con *Klapopteryx kuscheli*, uno de los macroinvertebrados de mayor talla y biomasa presente en los ríos de la región. Ambas familias son características de ambientes reófilos, de aguas frías y con altos niveles de oxígeno, razón por la cual son consideradas excelentes indicadoras de la calidad del agua.

Finalmente, Diptera constituyó el otro taxón de los insectos destacados por su riqueza y abundancia relativa. Particularmente se observó un aumento de la densidad hacia aguas abajo sobre el río Santa Cruz (Figura 13-41), con valores máximos SC8 (23%) y en SC10 (47%). Este último sitio localizado aguas abajo de la descarga de los efluentes de la planta de líquidos cloacales de la ciudad de Piedra Buena, presenta un enriquecimiento de materia orgánica que favorece el aumento de la densidad de dípteros principalmente de la familia Chironomidae (Figura 13-42). Esta familia es una de las mejores representadas por su abundancia y diversidad en los ambientes acuáticos continentales (Paggi, 2009), está asociada a una gran diversidad de ambientes y condiciones, tanto en aguas lenticas y lólicas, sin embargo la presencia en alta abundancia de ciertos taxones, principalmente de la subfamilia Chironominae, puede estar fuertemente relacionada a aguas contaminadas con materia orgánica, debido a su tolerancia a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto (Paggi, 2003). Otros Chironomidae presentes fueron aquellos de las subfamilias Tanypodinae y Orthocladinae, con destacada abundancia relativa y riqueza taxonómica en el sitio RCH12 del río Chico. Asimismo dentro de Diptera fueron registradas las familias Tabanidae, Dolichopopidae, Tipulidae, Muscidae y Simulilidae aunque su presencia fue esporádica y en baja abundancia (Figura 13-41).

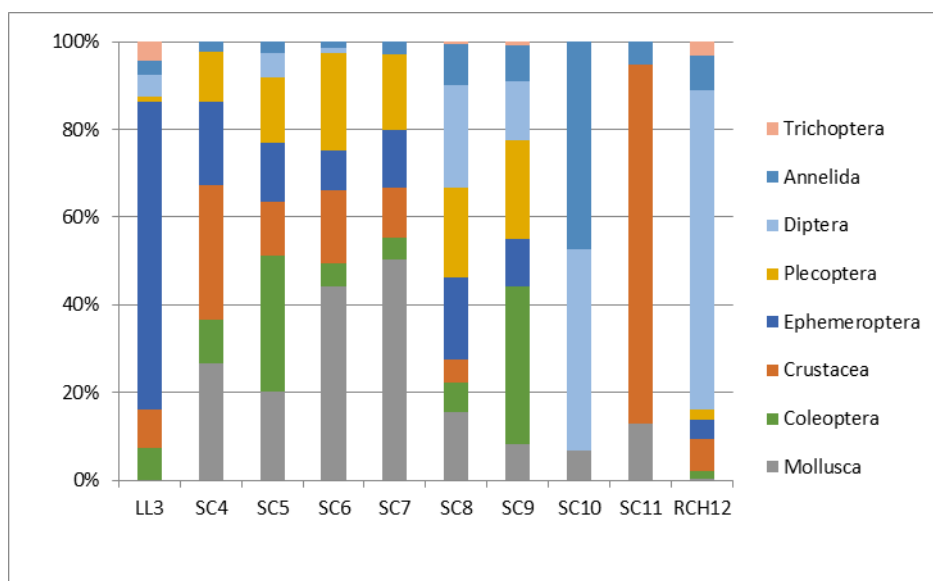


Figura 13-41 : Abundancia relativa porcentual de macroinvertebrados según sitios de muestreo. Noviembre de 2016.

Mollusca fue otro de los grandes taxones de macroinvertebrados que mostraron alta abundancia relativa, aunque solo se registraron dos especies *Chillina* sp. (Figura 13-42) y *Lymnaea viatrix* registradas mayormente en los sitios más asociados al estuario (SC9, SC10 y SC11, junto con RCH12). Es decir ambientes con baja velocidad de la corriente, típicos potamales y con una fuerte variación de la conductividad eléctrica por la influencia marina como los es el sitio SC11. Asimismo se registró alta abundancia en el sitio SC10, aguas abajo de la descarga de efluentes urbanos de la ciudad de Piedra Buena. En tanto *Lymnaea viatrix* estuvo mayormente presente en los sitios del río Santa Cruz hasta llegar al estuario, con una alta abundancia relativa en SC6 y SC7 cercana al 50%. Ambas familias de moluscos, se encuentran asociadas a ambientes de baja velocidad de la corriente, sobre sustratos colonizados con algas perifíticas de las cuales se alimentan.

Crustacea estuvo representado por tres taxones, *Hyalella araucana* (Amphipoda) (Figura 13-42), exclusiva en ambientes de agua dulce sobre los sitios del río Santa Cruz y los ríos Chico y La Leona, presentó alta abundancia relativa cercana al 30% en el sitio SC4. Los otros crustáceos fueron *Gammaropsis* sp. (Amphipoda) y Paramunnidae sp. (Isopoda), registrados con alta abundancia (+80%) en SC11, sitio del estuario con una fuerte influencia marina. Estos crustáceos son colectores-recolectores de materia orgánica particulada fina.



Figura 13-42: Taxones de macroinvertebrados presentes en los sitios de estudio. A: *Meridialaris chiloeensis* (Ephemeroptera); B: *Limnoperla jaffueli* (Plecoptera); C: *Luchoelmis cekalovici* (Coleoptera); D: *Cricotopus* sp. (Chironomidae); E: *Hyalella araucana*; F: *Chillina* sp.

Finalmente otro grupo destacado fue Annelida, con seis taxones de Oligochaeta estuvieron presentes en todos los sitios, salvo en SC6. *Lumbriculus variegatus* (Lumbriculidae) y Haplotaxidae sp., sin embargo *Tubifex tubifex* (Naididae), junto a Naididae sp.2 constituyeron los taxones con mayor abundancia relativa en el sitio SC10 (47%). Los oligoquetos son un grupo taxonómico reconocido como indicador de condiciones ambientales, ya que son capaces de adaptarse a ambientes contaminados (Marchese, 2009). La mayoría son detritívoros y participan en las redes tróficas de los sistemas acuáticos como recurso alimentario de turbelarios, hirudíneos, cangrejos, anfípodos, anfibios, peces y aves (Ezcurra de Drago et al., 2003).

La riqueza taxonómica media de los ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos osciló entre 3 y 14 taxones, en SC11 y RCH12 respectivamente, diferencias que resultaron significativas (ANOVA $p < 0,05$). En tanto la densidad en todos los sitios de la cuenca del río Santa Cruz, salvo SC10, presentó valores medios entre 280 y 600 ind.m⁻². Particularmente SC10, presentó una elevada densidad de invertebrados principalmente Chironomidae y Oligochaeta con un valor medio de 2930 ind.m⁻², estos valores responden a las propias características del sitio, asociadas a la descarga de efluentes urbanos. Por otro lado RCH2, en río Chico registró una densidad intermedia, entre los otros sitios del río Santa Cruz, cercana a 1200 ind.m⁻², probablemente en función a la heterogeneidad de hábitats presentes en el sitio.

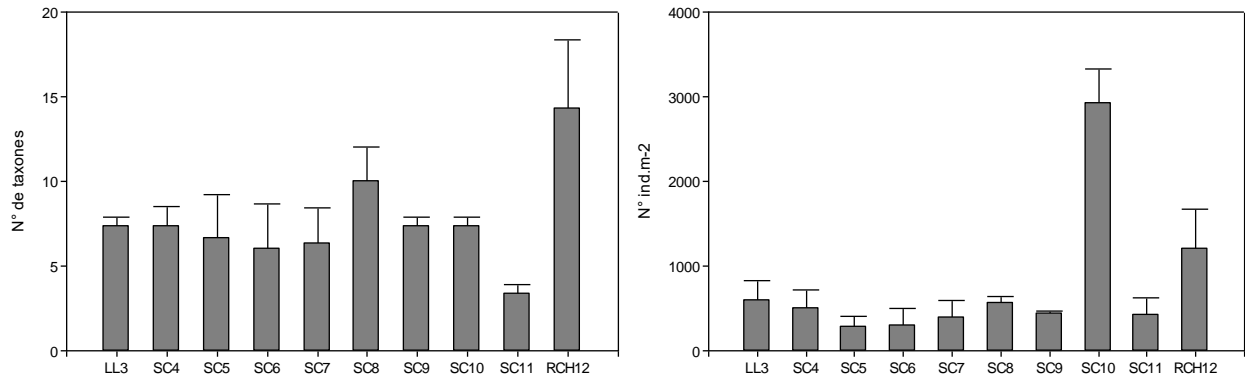


Figura 13-43: Parámetros estructurales de los ensambles de macroinvertebrados según sitios de muestreo. Riqueza taxonómica, densidad, diversidad y dominancia. Noviembre de 2016.

La diversidad, de acuerdo al índice de Shannon-Wiener mostró un valor acumulado de 2,84 nats, sin embargo el análisis por sitio reflejó valores medios bajos, acordes a lo esperado para esta región. El valor mínimo fue hallado en la zona de estuario SC11 con 0,96 nats y el máximo el RCH12 con 2,28 nats, (Anexo I - Mapa 3) En tanto la dominancia, según el índice de Simpson, evidenció valores equitativos en la distribución de las abundancias por especie, salvo el sitio SC11, que registró moderados valores de dominancia (0,46) debido a la mayor abundancia de *Paramunnidae* sp. (Crustacea).

El análisis de la tasa de cambios de la diversidad entre los sitios (diversidad beta), evaluado mediante la distancia Bray-Curtis y representado en un cladograma, agrupó a los sitios del río Santa Cruz del tramo comprendido desde SC4, Charles Fuhr, hasta SC9, en el Puente de la ciudad de Luis Piedra Buena. Esto reflejó la similar composición y estructura faunística entre los ensambles de macroinvertebrados de ese tramo del río Santa Cruz.

Por otro lado el resto de los sitios, dadas sus propias características quedaron separados del agrupamiento (Figura 13-43). SC11, aguas arriba de Puerto Santa Cruz cuyo ensamble es fuertemente influenciado por las condiciones hidrológicas y fisicoquímicas del estuario, SC10 dominado por diversos taxa de Chironomidae y Oligochaeta producto de un ambiente enriquecido con materia orgánica proveniente de las descarga de efluentes urbanos de la planta de tratamiento de Piedra Buena, RCH12, sitio con gran diversidad de macroinvertebrados y amplia dominancia de dípteros, en consonancia con una mayor heterogeneidad de hábitats y LL3, ambiente dominado por efémeras, principalmente *Andesiops ardua*, de la familia Baetidae.

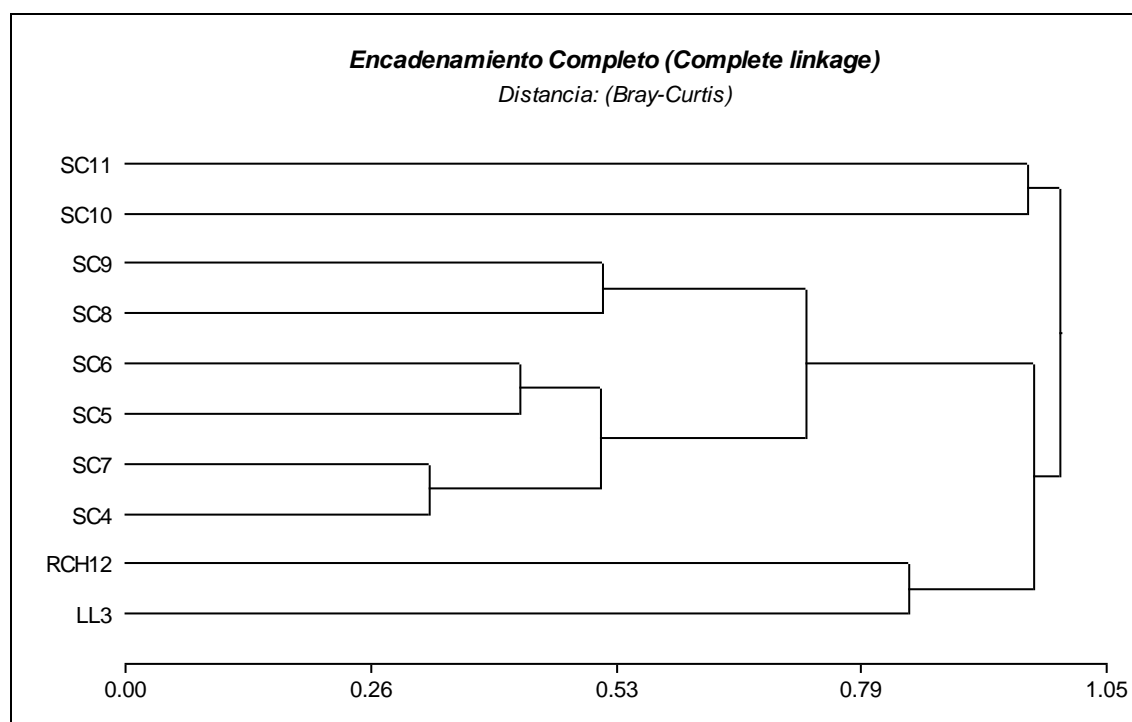


Figura 13-44. Cladograma que representa la Diversidad beta, de acuerdo a la distancia Bray Curtis. Noviembre de 2016.

El análisis de los grupos funcionales tróficos según sitios de muestreo se observa representado en la Figura 13-45.

Los raspadores que se alimentan del fitobentos, fueron en general el grupo dominante en todos los sitios (>60%), excepto SC10, SC11 y RCH12, en coincidencia a los encontrado en la Línea de Base Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental aprovechamientos hidroeléctricos del Río Santa Cruz (Serman & asociados s.a., 2015 para Represas Patagonia). Este grupo estuvo mayormente representado por ninfas de Ephemeroptera (familias Baetidae y Leptophlebiidae), por Gastropoda *Chillina* sp. y *Lymnaea viatrix* y el Coleoptera *Luchoelmis cekalovici* (Elmidae).

Los colectores recolectores fueron abundantes en SC10, SC11 y RCH12 (>60%), sitios que se caracterizaron por mayor turbidez. En los tres casos los taxa dominantes fueron diferentes, en SC10 dominaron Chironomidae y Oligochaeta, en SC11 los Crustacea y en RCH12 Chironomidae. Este grupo utiliza como fuente de alimento a la materia orgánica particulada fina como fuente de alimento. El resto de los grupos funcionales estuvieron poco representados. Los depredadores presentaron la mayor abundancia relativa en SC8 (18%) por la presencia de *Haplotaxidae* sp. (Oligochaeta) y *Tabanus* sp. (Diptera) y en RCH12 debido principalmente a larvas de Chironomidae del género *Pentaneura* sp. y *Alotamypus* sp.

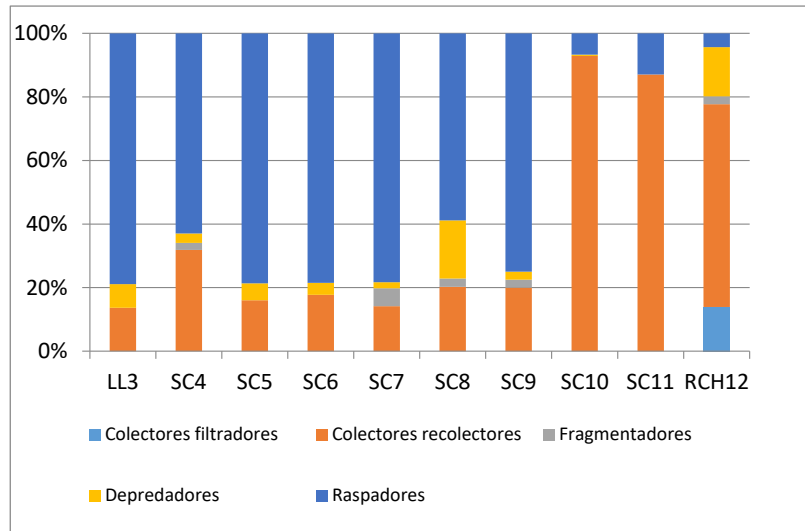


Figura 13-45. Abundancia relativa de grupos funcionales según sitios de muestreo. Noviembre de 2016.

El análisis de las relaciones entre los grupos funcionales también mostró resultados equivalentes al estudio base (Serman & asociados s.a. 2015a para Represas Patagonia). Así el cociente entre fragmentadores y colectores mostró relaciones menores a uno, lo que indica que la materia orgánica particulada gruesa no es una fuente de alimento principal, lo cual es esperable en una región con vegetación de estepa con el consecuente escaso aporte de hojarasca. En cambio la relación raspadores colectores mostró valores mayores a uno, salvo en SC10, SC11 y RCH12, lo que indica que existe una importante participación del fitobentos en la alimentación de los invertebrados. Finalmente el cociente entre colectores filtradores y colectores recolectores fue menor que cero, indicando que prevalece, como fuente de alimento en estos grupos, la materia orgánica depositada en el sustrato, en lugar de aquella arrastrada por el flujo de agua en suspensión.

13.4.8 Población de *Didymosphaenia geminata*

No se observó tanto de manera macroscópica como en los análisis microscópicos presencia de *Didymosphaenia geminata*.

13.4.9 Calidad de agua

Para el análisis de calidad de agua, se tuvieron en cuenta los valores guía para vida acuática, agua para consumo humano y agua para riego según lo establecido por el Decreto 04/96 del Gobierno de la Provincia de Santa Cruz, Decreto 831 (1993), Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina, Organización Mundial de la Salud (OSM), Concilio Canadiense de Ministros Ambientales (CCME) de Canadá y Normas estadounidenses (EPA).

Según los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua en cada uno de los sitios de monitoreo, se desprende que:

Para consumo:

El **aluminio** es el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre. Es frecuente la utilización de sales de aluminio en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir el color, la turbidez, y el contenido de materia orgánica y de microorganismos (OMS, 2006).

Los sitios LA1 (0.13 mg/l), LA2 (0.19 mg/l), LL3 (0.38 mg/l), SC5 (0.21 mg/l), SC8 (0.24 mg/l), SC9 (0.25 mg/l) y RCH12 (0.77 mg/l) superan el límite establecido por la OMS (0.2mg/l),

Para el **sodio** el sitio SC11 (288.03 mg/l) supera el límite establecido por OMS (200 mg/l). En este caso la mayor concentración respecto a los restantes sitios es debida a la influencia marina.

En el Río Chico la calidad de agua para consumo respecto al **hierro**, también supera el valor de referencia establecido por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación (0.26 mg/l), ya que el registrado en Noviembre de 2016 es de 0.39 mg/l.

En el sector del Río Santa Cruz el valor registrado de **amonio** en SC10 (5.6 mg/l) supera significativamente el valor recomendable por el Decreto 831 (1993), el cual es de 0.05 mg/l, lo que podría deberse a influencia de la planta de tratamiento.

Biota acuática:

Para el ion **cloruro** la CCM (2012) y EPA establecen un valor guía de 120 y 230 mg/l respectivamente. Este límite se presentó superado en el sitio SC11 (448 mg/l), debido al aporte marino.

El **amonio** supera el límite de referencia establecido por el Decreto 831 (1.37 mg/l) en SC10 (5.6 mg/l).

13.5 CONCLUSIONES

El sustrato del lecho en los sitios analizados presenta mayor predominancia de Guijón (64-256mm), excepto en La Leona donde la Grava (16-8mm) es dominante. El sustrato de grano fino (1-2mm) presenta un gradiente desde Oeste a Este con prevalencia de arena en todos los sitios y arcilla en SC10 y Río Chico. En el sitio SC11 (desembocadura del Río Santa Cruz) el sustrato de grano fino se encuentra casi ausente, restringiéndose a espacio intersticial entre guijón y bloque.

La temperatura del agua en Noviembre registró valores (promedio 10.6°C) similares a los medidos en el monitoreo de marzo 2015 con valor promedio del agua de 10.9°C.

Las aguas se presentaron levemente alcalinas en la Cuenca, excepto en Lago Argentino, SC10 y en el Río Chico donde se caracterizaron como levemente alcalinas.

En general las aguas presentan transparencia media (nunca cristalinas) debido a los coloides en suspensión. La menor transparencia y mayor turbidez se presentó en el Río Chico, debido a la alta concentración de sedimento.

A diferencia de Noviembre de 2015 cuando la transparencia en el Río Santa Cruz promedió 0.5m, en marzo 2015 la misma fue de 0.69m, con el mayor valor registrado en SC4 (1m).

Al igual que marzo de 2015, las aguas se presentaron oxigenadas casi al punto de saturación.

Se registra demanda química de oxígeno en La Leona, SC4 y SC9, pero por debajo de los límites permitidos por La Disposición 04 (1996) la cual establece un valor de 6 mg/l. En ninguna de las muestras se detecta degradación biológica de materia orgánica.

La concentración de electrolitos se registró con valores normales, ascendiendo significativamente hacia el sitio de la desembocadura debido a la influencia marina.

Al igual que en marzo y julio de 2015, según el balance iónico, las aguas son de tipo bicarbonatadas cálcicas en todos los sitios, excepto en LA1, SC8 (Cloruradas cálcicas) y en SC11 y PQ13 Cloruradas sódicas.

Entre los nutrientes el N-NO₃, se encuentra como elemento no limitante para la productividad primaria en todos los sitios de monitoreo, con un valor promedio de 0.6 mg/l en Noviembre de 2016. Se destaca el amoníaco (N-NH₃) en el sitio SC10, el cual presenta una concentración de 5.6 mg/l. Valor que puede deberse al aporte de la planta de tratamiento aguas arriba del sitio de monitoreo. El fósforo total se encuentra como nutriente no limitante en el Río Chico y en Punta Quilla (0.97 y 0.19 mg/l respectivamente). En los restantes sitios el resultado de laboratorio presenta como inferior al límite de detección del método (< 0.15 mg/l).

Entre los elementos analizados en laboratorio Al (Aluminio), B (Boro), Fe (Hierro), K (Potasio), Mg (Magnesio), Mn (Manganeso), Si (Sílice), Sr (Estroncio) y Ti (Titanio), se detectan en concentraciones por encima del límite de detección de los métodos aplicados.

Con respecto a la concentración de Clorofila *a*, las mediciones de laboratorio dieron por debajo del límite de detección (0.1mg/l). Sólo en marzo de 2015 se detectó Clorofila *a* en baja concentración en SC7 (7µg/l) y en SC 9 (6 µg/l).

La **comunidad fitoplanctónica** se encontró representada por 45 taxa entre diatomeas, clorofíceas, criptofíceas y cianofíceas. En Marzo de 2015 además de los grupos algales mencionados (excepto criptofíceas) también se identificó una especie de Dinoflagelado y una especie de rodofícea.

Entre las especies identificadas el 21% son planctónicas propiamente dichas. El 71% restante lo constituyeron especies de hábito bentónico.

Este aspecto es relevante, teniendo en cuenta que una vez finalizada la obra, los cuerpos de agua lénticos podrán ser colonizados probablemente por las especies planctónicas actuales.

Diatoma tenue y *Cyclotella ocelata* (especies planctónicas de agua dulce) constituyeron especies comunes, mientras que las restantes especies se encontraron con distribución restringida.

En general la estructura de la comunidad fitoplanctónica, se registró con mayor número de especies y densidad respecto a Marzo de 2015, con menores valores en los sectores medios de la cuenca.

La diversidad es baja con dominancia de especies en Punta Quilla por la diatomea *Paralia sulcata* (bentónica, salobre marina). En SC10 por la cianófito *Lyngbya limnetica* (especie bentónica de agua dulce). En LA2 y SC6 por la diatomea planctónica *Cyclotella ocelata*.

En la comunidad **fitobentónica**, se describió un total de 82 especies, con dominancia de diatomeas, seguidas por clorofíceas, cianofíceas y euglenofíceas, con mayor colonización en epifiton y combinación de epifiton /epipelon (pedras y arcilla).

La cobertura por plantas sumergidas fue baja, representada por *Myriophyllum*, Briófitas, Potamogeton y Scirpus. Este dato es importante al considerar que una vez concretado el embalsamiento, la colonización por macrófitos en los mismos favorecerá el desarrollo de especies de hábito bentónico perifítico, teniendo en cuenta que la vegetación sumergida presente en la actualidad se considera inóculo para su proliferación.

En general las algas presentes son dulceacuícolas excepto en La Leona donde hay alta proporción de algas adaptadas a un amplio rango de concentración de sales (eurihalinas). En la desembocadura, al igual que en la fracción fitoplanctónica la comunidad incorpora especies salobres y /o marinas. En Punta Quilla como es de esperar se identificó mayor proporción de especies marinas.

La mayoría de las especies con mayor frecuencia espacial son de hábito bentónico y de aguas dulces, propias de ambientes con aguas neutras a alcalina, con adaptación a amplios rangos de Conductividad Eléctrica.

Es importante lo referido a la tolerancia de falta de caudal y/o humedad, ya que muchas de las especies presentes en la cuenca son subaéreas, lo que favorece a la tolerancia de las mismas en las épocas de descenso de caudal, o en el momento de desvío del río durante las obras. Mientras que la falta de caudal y/o humedad induciría a la pérdida de las especies acuáticas estrictas.

Las comunidades más diversas fueron las correspondientes a los sitios del Río Chico y Río Santa Cruz, excepto en SC10 y SC11 ($H' = 0.6$ bits indiv.⁻¹), al igual que el Río La Leona. Estas tres comunidades además de registrar la menor diversidad presentaron dominancia de especies: *Anabaena torulosa*, la cual es fijadora de Nitrógeno, *Eunotia pectinalis* y en SC 11 por la diatomea *Aulacoseira distans* respectivamente.

Es resaltable que en la comunidad fitobentónica no se registró la presencia de la diatomea invasora *Didymosphenia geminata*.

Por lo analizado de las comunidades algales respecto a variables físico químicas, puede decirse que la estructura de las comunidades algales están condicionadas principalmente por un gradiente ambiental determinado por la salinidad y por la turbidez del agua.

La composición del **zooplancton** presenta una configuración que podría definirse como típica de este tipo de ambientes, con dominancia de rotíferos.

La escasez de formas de mayor talla tanto en cladóceros como en copépodos (estos últimos, mejor representados por formas inmaduras), podrían ser indicios de predación ictícola.

La baja riqueza específica observada en la mayoría de las muestras podría vincularse con las características físico químicas del agua y bajas temperaturas.

En concordancia con el estudio anterior (marzo y julio de 2005), la abundancia del zooplancton en el Lago Argentino fue muy baja, y creciente hacia el sector Este. A diferencia de éste, en las dos muestras ubicadas más cerca de la zona baja del Río Santa Cruz, se registraron los mayores valores de abundancia total de zooplancton.

La riqueza específica máxima (al igual que los registrados en los monitoreos de 2015) fue similar con 7 y 9 especies.

Asimismo, respecto al estudio de Marzo de 2015, la riqueza de especies en el Lago Argentino fue menor, lo que puede relacionarse con la temperatura más baja y la escasa concentración de fitoplancton.

En el presente estudio, los taxa más abundantes se presentaron en la zona cercana a la desembocadura del Río Santa Cruz, marcando una diferencia importante con el estudio previo, en el que las mayores abundancias correspondieron al Lago Argentino.

Si bien en esta oportunidad no se obtuvieron registros constantes de *Bdelloidea* (situación observada en el estudio previo) su presencia fue identificada en un número importante de muestras, por lo que se sigue verificando la importancia del arrastre que produce la corriente en un gradiente que va de oeste a este.

En ambos estudios prácticamente no se identificaron cladóceros en Lago Argentino ni en Río Santa Cruz, a excepción de *Macrotrix* sp. en una muestra del estudio actual. Esto podría deberse a la presencia de predación por parte de peces e invertebrados. Bajo esta misma premisa, los copépodos más abundantes correspondieron a formas inmaduras, en ambos estudios.

La composición de la comunidad de **macroinvertebrados** estuvo representada por 43 taxones, destacándose entre ellos Diptera, Annelida y Ephemeroptera. En tanto la abundancia, también estuvo dominada por estos tres grupos, junto a Gasteropoda y Crustacea.

La composición y abundancia de los ensambles de macroinvertebrados mostró similitudes en todos los sitios del río Santa Cruz, excepto SC10 por influencia de la descarga de efluentes y SC11 por su más cercanía al mar. *Lymnaea viatrix* y *Chillina* sp (ambos Gastropoda), *Hyalella araucana* (Crustacea) y los insectos *Luchoelmis cekalovici* (Coleoptera), *Meridialaris diguillina* (Ephemeroptera), *Limnoperla jaffueli* y *Klapopteryx kuscheli* (Plecoptera) constituyen las especies relevantes de los ensambles de macroinvertebrados en el río Santa Cruz. Particularmente estos insectos son de ambientes reófilos, de aguas corrientes y bien oxigenadas, y la construcción de la presa modificará el ambiente a un ecosistema léntico, ocasionando una discontinuidad en la conectividad de los ensambles a lo largo del río.

Respecto a SC10, la presencia de diversos taxones de dípteros de la familia Chironomidae y oligoquetos como *Tubifex tubifex*, indican ambientes enriquecidos con materia orgánica producto de la descarga de efluentes de la planta de tratamiento de líquidos cloacales de la ciudad de Luis Piedrabuena. En tanto SC11, sitio de la toma de agua de la ciudad de Puerto Santa Cruz, por su posición en el estuario, presenta una fuerte influencia marina, con ensambles típicos de estos ambientes, donde sólo *Chillina* sp., especie con una amplia tolerancia al aumento de la salinidad, se encuentra en gran abundancia.

En el resto de los sitios analizados, LL3 presentó una baja diversidad, con ensambles fuertemente caracterizados por la presencia de *Andesiops ardua* (Ephemeroptera) y RCH12, con una alta turbidez, se destacaron diversas especies de dípteros de las familias Chironomidae y Simuliidae.

Otros parámetros estructurales como la diversidad de Shannon-Wiener, presentaron en general, bajos valores, pero acordes a la fauna esperada para esta región austral y previamente citada en otros trabajos (Miserendino, 2001; Tagliaferro et al. 2013). Por otro lado la dominancia de Simpson evidenció una distribución equitativa de las abundancias por especies.

El análisis de los grupos funcionales, mostró una amplia dominancia de raspadores que se alimentan de fitobentos como *Lymnaea viatrix*, *Chillina* sp, *Luchoelmis cekalovici* y *Meridialaris diguillina* en LL3 y en los sitios del río Santa Cruz hasta SC9. En SC10, SC11 y RCH12 dominaron en abundancia los colectores recolectores, que se alimentan de MOPF, aunque en todos los casos los taxones dominantes fueron diferentes. Así Chironomidae y Oligochaeta fueron abundantes en SC10, Crustacea en SC11 y en RCH12 Chironomidae.

La construcción de una presa afecta la composición y estructura de los ensambles de macroinvertebrados ya que se ven modificadas las condiciones hidrológicas, pasando de un ambiente lótico a un ambiente léntico. Y estos cambios traen como consecuencia un reemplazo de las especies adaptadas a aguas corrientes, como las encontradas en los sitios del río Santa Cruz, por otras de aguas quietas, típicas de lagos.

13.6 IMPACTOS DE LAS OBRAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Teniendo en cuenta lo analizado las características de las especies de diatomeas presentes en el sector de las obras, durante el período de desvío del río se debería controlar y/o evitar la remoción o afectación de la capa superficial del lecho del río en la mayor superficie posible (evitar la circulación de maquinarias, vehículos en general, remoción innecesaria de suelo) con el fin de conservar los inóculos de algas, para así mitigar la afectación de las especies acuáticas estrictas, como así también conservar las especies subaéreas, con el fin de recuperar la productividad primaria en la etapa de llenado.

A partir del movimiento de materiales por parte de las máquinas, se podría observar en la comunidad zooplanctónica de aguas abajo, un aumento en el número de representantes de protistas amoebozoos testáceos, que se incorporarán a la columna de agua a partir de su remoción o re suspensión desde los sedimentos. El aumento de turbiedad en las aguas del río Santa Cruz debido a las actividades de remoción podría afectar significativamente a la comunidad de productores primarios, debido a la disminución de radiación, necesaria para la fotosíntesis

Aguas arriba, podría comenzar a verificarse una tendencia de aumento del número de especies (en contra del gradiente Oeste – Este). Ello podría deberse al aprovechamiento de las nuevas condiciones que se crearán en ese ambiente léntico por parte de ciertas especies planctónicas, en el que pueden darse condiciones más favorables desde el punto de vista de la disponibilidad de alimento (zooplancton, algas palatables cuya presencia se vería favorecida por la mayor disponibilidad de nutrientes, producto de su incorporación a la columna de agua a partir de los sedimentos). Lo que significaría fuente alimenticia para peces.

En los nuevos ambientes lénticos puede considerarse la posibilidad de colonización por parte de macrófitas, lo que podría ocasionar aumento del número de especies perifíticas de algas y de representantes bentónicos del zooplancton.

13.7 EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES LIMNOLÓGICAS

Para poder responder a este ítem, es necesaria la continuidad de los estudios de manera sistemática, con el fin de determinar la dinámica temporal tanto de las características hidroquímicas como de la estructura de las comunidades biológicas.

13.8 COMENTARIOS FINALES Y RECOMENDACIONES

Según lo solicitado en las Especificaciones Técnicas Ambientales de la UTE (ver punto 13.1) tanto el análisis de la dinámica de las comunidades, como el análisis sobre la evolución de las condiciones limnológicas de la Cuenca del Río Santa Cruz (ya sea temporal como espacialmente), no pueden realizarse con la información disponible. Para ello se requiere el relevamiento de información en una serie de tiempo más prolongada, considerando la estacionalidad anual e interanual.

Con respecto a la identificación y evaluación de los impactos de las obras sobre la trama trófica de las comunidades bentónicas y planctónicas de la Cuenca del Río Santa Cruz (incluyendo las relaciones interespecíficas y correlaciones físico químicas y biológicas), productividad biológica, sus ecosistemas y biodiversidad, como consecuencia de los cambios en las condiciones limnológicas identificados, es dable mencionar que este objetivo resulta muy amplio y que en el presente informe sólo se alcanzó la caracterización de la biodiversidad de algunas colectividades del sistema.

Además de por sí se conocen muy pocos ambientes acuáticos en que se conozca la trama trófica y productividad biológica, los cuales han sido estudiados por tiempos prolongados. Sí se pueden realizar proyecciones sobre posible aumento de la vegetación litoral, diversidad y cambio de las estructuras de las comunidades.

Respecto de la identificación de impactos y medidas de prevención, mitigación y compensación sobre los servicios ecosistémicos de la Cuenca del Río Santa Cruz, al igual que lo mencionado anteriormente es necesaria la continuidad de los estudios para poder responder a tales objetivos.

Se señala que el método utilizado para la medición de Clorofila “a” por el laboratorio INDUSER para el muestreo de noviembre de 2016, el cual aplica un límite de detección de 0,1 mg/l, es decir: de 100 µg/l, lo que representa baja sensibilidad”

Igualmente debe considerarse mejorar los análisis tanto de Nutrientes, DBO y DQO. Es fundamental realizar los análisis con límites de detección adecuados para este tipo de ambientes.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los laboratorios, se recomienda revisar de manera conjunta entre los profesionales involucrados tanto en los trabajos de campo y análisis, como de los revisores y personal de la empresa, las metodologías analíticas y técnicas (de campo y laboratorio) para futuros estudios.

Es recomendable mejorar la metodología de toma de muestras planctónicas enfocado en aumentar el volumen de agua a filtrar, para optimizar la detección de la mayoría de los grupos presentes.

Sería recomendable para la próxima campaña caracterizar las comunidades bentónicas y vegetación sumergida presentes en aguas someras del Lago Argentino, con el objetivo de ampliar el conocimiento de estos ensambles, ya que algunas especies podrán ser colonizadoras de los futuros embalses.

13.9 BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA).1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th ed. Apha, Washington, D.C. 1550 pp.

BAYLY, I.A, 1992. Fusion of the genera Boeckella and Pseudoboeckella (Copepoda) and revision of their species from South America and sub-Antartic islands. Rev. Chilena de Hist. Nat. 65: 17-63.

BioDiversity Professional. 1997. Versión 2

BOURRELLY, P., 1968. Les algues d'eau douce. Tomo II: les algues jeunes et brunes, Boubée & Cie, Paris.

BOURRELLY P., 1970. Les algues d' eau douce Tomo III: les algues bleues et rouges. Les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Boubée & Cie, Paris

BOURRELLY, P., 1972. Les algues d' eau douce. Tomo I: les algues vertes. Boubée & cie Paris.

BROWER, J. AND J. ZAR, 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Brown Company Publishers, USA. 194 pp.

COLLINS, S. E., & FLOTEMERSCH, J. E. (2014). Evaluation of the sounding rod method for sampling coarse riverbed sediments in non-wadeable streams and rivers. River research and applications, 30(8), 1065-1069.

DESCY, J. P. et M. COSTE. 1990. Utilisation des diatomées benthiques pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes. Contrat CEE B-71-23. Rapport final, Univ. Namur-Cemagref Bordeaux. 64 pp.

DIAZ, C.A., X. MOLINA y V. MONTECINO, 2011. Manual para el Monitoreo e Identificación de la Microalga Bentónica *Didymosphenia geminata*. Subsecretaría de Pesca. Gobierno de Chile.74pp.

- DUSSART, B., 1979. Algunos Copépodos de América del Sur. Publ. ocas. Mus. Nac. Hist. Nat. Santiago 30: 1-13.
- ID-TAX. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España
- EPA. Environmental Protection Agency. United States
- FERNÁNDEZ H. R. & E. DOMÍNGUEZ, 2001. "Guía para la Determinación de Artrópodos Bentónicos Sudamericanos." Editorial Universitaria de Tucumán. 282 pp
- GEITLER, L., 1967. Entwicklungsgeschichtliche und systematische Untersuchungen an einiger Cyanophyceen Nova Hedwigia 13: 403-421.
- GERMAIN, H., 1981. Flore es Diatomées. Diatomophycées. Eaux douces et saumâtres du Massif Armoricaïn et des contrées voisines d'Europe occidentale. Coc. Nouv. Eds. Boubée. Paris. 444pp.
- GOMÉZ, N., J.CH. DONATO, A. GIORGI, H. GUASCH, P. MATEO y S. SABATER, 2009. Conceptos y Técnicas de Ecología fluvial. La biota de los ríos : los microorganismos autótrofos. Fundación BBVA, 2009. 26pp.
- HARTLEY, B., 1996. AN Atlas of British Diatoms. P.A. Sims. England.
- GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE. 2006. PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud. ISBN 92 4 154696 4 (Clasificación de la NLM: WA 675).
- ÍNDICE GENERAL DIATOMOLÓGICO (norma AFNOR T 90- 354). Classification française DCE Índice Biológico de Diatomeas (IBD) norma AFNOR NF T 90-354 (2000) y circular MEDD/DE/MAGE/BEMA 05 n° 14 de 28 de julio de 2005, modificada el 13 de junio de 2007 (0,86 0,71)
- INFOSTAT, software estadístico. Manual del usuario. Versión 2008
- KOMÁREL J. AND K. ANAGNOSTIDIS, 2005. SüBwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota. 2. eil/2nd Part: Oscillatoriales. Elsevier GmbH. München. 759pág.
- LANGE-BERTALOT, H. 1979. Pollution tolerance as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwigia 64:285-304.
- MAIDANA, N, IRINA IZAGUIRRE, ALICIA VINOCUR, GABRIELA MATALONI & HAYDÉE E Pizarro. Diatomeas en una transecta patagónico-antártica. Ecol. austral v.15 n.2 Córdoba jul./dic. 2005
- MERRITT, R. W. Y K. CUMMINS 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque, Kendall-Hunt, New York. 862 Pp.
- MISERENDINO L. Y L. PIZZOLÓN 1999. Rapid assessment of river water quality using macroinvertebrates: a family level biotic index for the Patagonic Andean zone. Acta Limnol. Brasiliensis, 11(2):137-148.
- OCDE (1982). Eutrophication of Water. Monitoring, assessment and Control. Final Report. OECD Environmental Directorate. OECD Paris. 154 pág.
- PATRICK, R. Y C. REIMER, 1966. The diatoms of United States. Vol. 1. Monogr. Ac. Nat. Scies. Philadelphia 13.

PATRICK, R. Y C. REIMER, 1975. The diatoms of United States. Vol. 2. Part I Monogr. Ac. Nat. Scies. Philadelphia

PRYGIEL, J. et M. COSTE. 2000. Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées. NF T 90-354. 134 pp. Agences de l'Eau-Cemagref, Bordeaux.

Rock WARE Aq.QA. The spreadsheet for water analyses. Versión 1.1.1 (1.1.5.1)

SERMAN & ASOCIADOS S.A. 2015a. Estudio de Impacto Ambiental Aprovechamiento Hidroeléctricos del Río Santa Cruz (Presidente Dr. Néstor C. Kirchner y Gobernador Jorge Cepernic), Provincia de Santa Cruz. Represas Patagonia. ELING CGGC HCSA UTE.

SERMAN & ASOCIADOS S.A. 2015b. Estudio de Impacto Ambiental Aprovechamiento Hidroeléctricos del Río Santa Cruz (Presidente Dr. Néstor C. Kirchner y Gobernador Jorge Cepernic), Provincia de Santa Cruz. Represas Patagonia. ELING CGGC HCSA UTE. ADENDA - SEGUNDA CAMPAÑA LIMNOLOGICA (JULIO 2015).

SEGURA-GARCÍA V, ENRIQUE A. CANTORAL-URIZA, ISABEL ISRADE AND NORA MAIDANA. 2011. Diatomeas epilíticas como indicadores de la calidad del agua en la cuenca alta del río Lerma, México. Hidrobiológica vol.22 no.1 México ene./abr. 2012

VELÁSQUEZ S. Y L. MISERENDINO 2003. Análisis de la materia orgánica alóctona y organización funcional de macroinvertebrados en relación con el tipo de hábitat en ríos de montaña de Patagonia. Ecología Austral (13): 67-82.