



ESCUELA DE PREGRADO - FACULTAD DE CIENCIAS - UNIVERSIDAD DE CHILE

“Caracterización de la biodiversidad acuática de una vertiente del Salar de Carcote, calidad del agua y variaciones estacionales”

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de:

Biólogo con mención en Medio Ambiente

VIOLETA PAZ CÁRCAMO TÉJER

Director del Seminario de Título

MSc. Irma del Carmen Vila Pinto

Abril, 2017
Santiago – Chile



ESCUELA DE PREGRADO - FACULTAD DE CIENCIAS - UNIVERSIDAD DE CHILE

INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por:

VIOLETA PAZ CÁRCAMO TÉJER

“CARACTERIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ACUÁTICA DE UNA VERTIENTE DEL SALAR DE CARCOTE, CALIDAD DEL AGUA Y VARIACIONES ESTACIONALES”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con mención en Medio Ambiente.

MSc. Irma Vila Pinto
Directora Seminario de Título

Comisión Revisora y Evaluadora

Dr. David Véliz
Presidente Comisión

Dra. Alejandra González
Evaluador

Santiago de Chile, Abril de 2017.

BIOGRAFÍA



Nació un 5 de Marzo de 1993 en la ciudad de Osorno aunque tempranamente se mudó a Ralco, Alto Bio Bio donde transcurrió su niñez. En los años posteriores vivió en Santa Bárbara y Los Ángeles donde, en varias escuelas y un liceo, terminó de cursar sus estudios de enseñanza básica y media en el año 2010. Desde pequeña desarrolló un interés por el conocimiento de la naturaleza lo que la impulsó a estudiar una carrera científica del área en la Universidad de Chile a la cual ingresó en 2011. En el año 2015 se integra al Laboratorio de Limnología de la misma universidad a completar el trabajo de su Seminario de Título.

DEDICATORIA

A aquellos cuya luz se mantiene viva en nuestros corazones

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi familia por apoyarme a lo largo de la vida en las decisiones que me han formado como persona y por brindarme el apoyo necesario para que pueda estudiar en la universidad, lejos de casa, pero persiguiendo mis sueños.

A la familia Vera Acuña, quienes me recibieron cariñosamente en su hogar en mis primeros pasos en la universidad y me hicieron sentir como una más de la familia.

A la profesora Irma Vila por recibirme en su laboratorio y ser quien me guió en el camino de la Limnología e hizo posible la formulación de este trabajo.

Gracias a Magali y a Karina por su valioso aporte en la identificación del fitoplancton, a José Luis por recibirnos amablemente en su laboratorio y apoyarnos en el reconocimiento de zooplancton, a Cristian por su fundamental colaboración en terreno y especialmente a Litzy por su importante contribución en los análisis, en la identificación de las muestras de macroinvertebrados y por las fotografías que me facilitó para su exposición en este trabajo.

A mis amigos por compartir esos momentos de risa y relajación, así como también discusiones productivas y otras no tanto que me ayudaron a distraerme durante el desarrollo de mi Seminario.

Finalmente, agradezco a Luis Aníbal, quien significó un gran apoyo en mi camino y continúa siendo uno de los pilares que me impulsa a seguir cumpliendo metas y alcanzando sueños.

A todos ustedes y a aquellos que, pese a que no nombré y aunque fuera de la manera más sencilla, me ayudaron a recorrer este camino de arduo trabajo y entrega: ¡MUCHAS GRACIAS!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis.....	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
1.- Área de estudio.....	8
2.- Muestreo.....	9
3.- Recuento de organismos	10
3.1.- Fitoplancton.....	10
3.2.- Zooplancton.....	11
3.3.- Macroinvertebrados bentónicos (MIB)	11
4.- Identificación	11
5.- Análisis de datos.....	12
5.1.- Abundancia	12
5.2.- Índices de diversidad	12
5.3.- Datos fisicoquímicos y comparación entre campañas.....	13
5.4.- Índices bióticos.....	14
5.5 Comparación con otros sistemas de la zona.....	15
RESULTADOS	16
1.- Comparaciones globales entre campañas de muestreo.....	16
1.1.-Variables fisicoquímicas	16
1.2.- Abundancia, riqueza y diversidad para fitoplancton, zooplancton y MIB entre las campañas de muestreo.....	17
1.3.-Coeficiente de similitud de Jaccard.....	20
1.4.- Análisis de redundancia lineal (RDA).....	20
1.4.1.- Fitoplancton.....	20
1.4.2.- Zooplancton.....	22
1.4.3.- Macroinvertebrados bentónicos.....	24
2.- Gradiente ambiental y taxa identificados en las campañas de muestreo.....	25

2.1.- Análisis de covarianza (ANCOVA).....	25
2.2.- Fitoplancton.....	27
2.3.- Zooplancton.....	30
2.4.- Macroinvertebrados bentónicos.....	33
3.- Índices bióticos de calidad de agua.....	36
4.- Comparación con otros sistemas altiplánicos.....	37
DISCUSIÓN.....	38
Variaciones estacionales y gradiente ambiental.....	38
Calidad de agua.....	41
Similitud con los salares de Huasco y Ascotán.....	43
CONCLUSIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXO 1.....	54
ANEXO 2.....	55
ANEXO 3.....	58
ANEXO 4.....	59
ANEXO 5.....	61

ÍNDICE DE TABLAS O CUADROS

Tabla 1.- Coeficiente de similitud de Jaccard entre ambas campañas de muestreo para los tres grupos analizados.....	20
Tabla 2.- Coeficientes de correlación gradiente ambiental de salinidad para las variables fisicoquímicas por campaña de muestreo.....	25
Tabla 3.- Resumen de resultados significativos ANCOVAs de los componentes de la estructura comunitaria utilizado con covariable seleccionada.....	26
Tabla 4.- Resultados de índices bióticos de MIB utilizados	37
Tabla 5.- Resultados del coeficiente de similitud de Jaccard entre los salares de Carcote y Ascotán; Carcote y Huasco de fitoplancton, zooplancton y MIB.....	37
ANEXO 1	
Tabla 1’.- Presencia (x) y ausencia (-) de los taxones encontrados para fitoplancton, zooplancton y MIB en las campañas de muestreo.....	54
ANEXO 2	
Tabla 2’.- Abundancia de los taxones encontrados para fitoplancton por sitio y campaña de muestreo.....	55
Tabla 3’.- Abundancia de los taxones encontrados para zooplancton por sitio y campaña de muestreo.....	56
Tabla 4’.- Abundancia de los taxones encontrados para macroinvertebrados bentónicos por sitio y campaña de muestreo.....	56
ANEXO 3	
Tabla 5’.- Sistemática de taxones fitoplanctónicos encontrados.....	58
Tabla 6’.- Sistemática de taxones zooplanctónicos encontrados.....	58
Tabla 7’.- Sistemática de taxones de MIB encontrados.....	58
ANEXO 4	
Tabla 8’.- Valores de tolerancia para los índices de calidad de agua utilizados.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Salar de Carcote y extensión paleo lagos Tauca y Minchín (Modificado de Keller & Soto, 1998).....	4
Figura 2. a.- Imagen satelital Salar de Carcote (Fuente: Instituto geográfico militar y Google maps) y ubicación salar en Chile. b.- Vertiente I Salar de Carcote	9
Figura 3. Boxplot de variables fisicoquímicas medidas para ambas campañas de muestreo.....	16
Figura 4. Boxplot de abundancias relativas para Fitoplancton (verde), Zooplancton (amarillo) y MIB (lila) para ambas campañas de muestreo.....	17
Figura 5. Boxplot de riqueza de taxa para Fitoplancton (verde), Zooplancton (amarillo) y MIB (lila) para ambas campañas de muestreo.....	18
Figura 6. Boxplot de Diversidad de Shannon para Fitoplancton (verde), Zooplancton (amarillo) y MIB (lila) para ambas campañas de muestreo.....	19
Figura 7. Boxplot de Diversidad de Simpson para Fitoplancton (verde), Zooplancton (amarillo) y MIB (lila) para ambas campañas de muestreo.....	19
Figura 8. Análisis de redundancia basado en transformación de Hellinger para la abundancia del Fitoplancton.....	21
Figura 9. Análisis de redundancia basado en transformación de Hellinger para la abundancia del Zooplancton.....	23
Figura 10. Análisis de redundancia basado en transformación de Hellinger para la abundancia de MIB.....	24
Figura 11. Abundancia relativa porcentual de los géneros fitoplanctónicos en la campaña Primavera	27
Figura 12. Abundancia relativa porcentual de los géneros fitoplanctónicos en la campaña Otoño.....	28
Figura 13. Abundancia total y riqueza fitoplanctónica por sitio y campaña de muestreo	29

Figura 14. Índice de Shannon-Wiener y Simpson por sitio y temporada de muestreo para el Fitoplancton.....	30
Figura 15. Abundancia relativa porcentual de los géneros zooplanctónicos en la campaña Primavera.....	31
Figura 16. Abundancia relativa porcentual de los géneros zooplanctónicos en la campaña Otoño.....	31
Figura 17. Abundancia total y riqueza zooplanctónica por sitio y campaña de muestreo.....	32
Figura 18. Índice de Shannon-Wiener y Simpson por sitio y temporada de muestreo para el Zooplancton.....	33
Figura 19. Abundancia relativa porcentual de los taxones de MIB en la campaña Primavera.....	34
Figura 20. Abundancia relativa porcentual de los taxones de MIB en la campaña Otoño.....	34
Figura 21. Abundancia total y riqueza MIB por sitio y campaña de muestreo.....	35
Figura 22. Índice de Shannon-Wiener y Simpson por sitio y temporada de muestreo para MIB.....	36
 ANEXO 5	
Figura 1'. - Diversidad morfológica de algunos de los taxones fitoplanctónicos identificados.....	61
Figura 2'. - Diversidad morfológica de algunos de los taxones zooplanctónicos identificados.....	62
Figura 3'. - Diversidad morfológica de algunos de los taxones de MIB identificados..	63

RESUMEN

El Salar de Carcote ubicado a 21°22'36"S-68°20'55"O, en la II Región de Antofagasta a 3690msnm corresponde a uno de una serie de sistemas límnicos remanentes de paleolagos desarrollados desde el final del Pleistoceno (~3Ma). Tanto su origen como su desarrollo han generado condiciones que le permiten albergar a comunidades biológicas muy particulares. El salar se encuentra expuesto a fuertes presiones ambientales especialmente ligadas a la disponibilidad de agua, la cual se ve modificada tanto por factores naturales como antropogénicos por lo que es altamente sensible a variaciones en su composición fisicoquímica y biológica, a pesar de lo cual se cuenta con escasa información acerca de la ecología de sus comunidades acuáticas, principalmente asociadas a las vertientes que lo alimentan, y de la respuesta biológica relativa a estas perturbaciones. En vista de estos antecedentes, se realizó un estudio comparativo de la biodiversidad del Salar de Carcote mediante una investigación exploratoria de su dimensión composicional destinada a describir los principales elementos de la comunidad acuática (abundancia, riqueza y diversidad de fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados bentónicos) de una de sus vertientes, analizar su distribución en el ambiente y determinar la calidad de agua por medio de índices bióticos entre campañas pre y post invierno altiplánico.

Para el fitoplancton se encontraron 21 taxa, donde los más abundantes corresponden a *Denticula* y *Amphora*, Para el zooplancton se identificaron 6 taxa siendo el más abundante el Copépodo *Diacyclops* seguido del Cladóceros *Alonella*. En cuanto a los macroinvertebrados, se encontraron 25 taxa donde el género dominante correspondió a *Heleobia*. Si bien no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en la variación de la abundancia, riqueza o diversidad para los tres grupos analizados, sí se observó alternancia en los taxa más abundantes y taxa cuya presencia fue registrada sólo en una

de las campañas. Además, el zooplancton mostró ser el grupo más sensible al gradiente ambiental de salinidad dado con el curso natural de la vertiente (ANCOVA $p < 0,05$). Se realizó un análisis de redundancia lineal RDA cuyo resultado arrojó que para el fitoplancton la temperatura incide significativamente en la varianza de los datos la cual se explica en un 51% y para el zooplacton donde se explica un 56% de la varianza, la variable que más contribuye es el pH. Ninguno de los modelos mostró una separación clara de los puntos medidos por campaña de muestreo. Los resultados de este análisis para los macroinvertebrados no fueron significativos.

Se comparó la biodiversidad encontrada con aquella disponible para otros sistemas de vertientes de la zona correspondientes al Salar de Ascotán y Salar de Huasco encontrándose similitudes menores a un 45% para los tres grupos analizados.

En cuanto a la calidad de agua, se encontró valores promedio de pH 7,7, temperatura de 21°C, conductividad de 1215 μ S y 6mg/L de oxígeno disuelto. Sólo el pH y la conductividad tuvieron variaciones significativas entre campañas ($p < 0,05$). Los resultados de los índices bióticos difieren entre sí entregando cada uno una categoría distinta que va desde Bastante pobre a Excelente, sin embargo, ninguno varió entre campañas.

ABSTRACT

Carcote Salar is located at 21°22'36"S-68°20'55"O in the Antofagasta Region at 3690 mosl. It corresponds to a series of remnant paleolakes systems developed since the end of the Pleistocene (± 3 Ma). Its origin and development have generated environmental conditions which maintain special biological communities. The Salar has been exposed to strong environmental pressures specially related to water availability, since it is modified by natural factors as human ones, for this it is highly sensible to physical and chemical variations. Up to now there is scarce information related to the ecology of their aquatic communities associated to the Salar springs and their response to these perturbations. With these antecedents, we performed a comparative analysis of the biodiversity of the Carcote Salar by an exploratory study of their components in order to describe the principal components of the aquatic community (abundance, richness and diversity of phytoplankton, zooplankton and benthonic macroinvertebrates) of one salar spring analyzing their environmental distribution and determining the water quality by biotic indexes between campaigns at pre and post rains. 21 phytoplankton taxa were found, being the more abundant *Denticula* and *Amphora*. Zooplankton composed by six taxa with the Copepod *Diacyclops* as the most abundant followed by the Cladoceran *Alonella*. 25 taxa of macroinvertebrates were found, being the mollusca *Heleobia* the dominant genus. Although there were no significant differences ($p > 0,05$) in abundance, richness and diversity between campaigns we did observe alternate of the more abundant taxa presence and specimens which were only found in one campaign. Besides, zooplankton showed to be the more sensible group to salinity gradient present in the natural spring stream flow (ANCOVA $p < 0,05$).

The lineal redundance analysis RDA explains the 51% of the phytoplankton variation with a strong influence of temperature. In case of zooplankton it explains 56% of variance and

pH affects significantly the data results. None of the models used showed a clear separation at the different sites measured at each sampling campaign. Results from this analysis for macroinvertebrates were not significant. The biodiversity was compared with the information available for other springs from Ascotán Salar and Huasco Salar. We found less than 45% similitude for the three groups analyzed. The water showed a pH average values of 7,7, temperature values reaching 21°C, conductivity of 1215 μ S and 6mg/L of dissolved Oxygen. Conductivity and pH showed significant variations between campaigns ($p < 0,05$). The results of the biotic indexes differ among them showing a different category varying from Very poor to Excellent. Nevertheless, none of them varied between campaigns.

INTRODUCCIÓN

La evolución de Los Andes Centrales en el Cenozoico tardío habría llevado a fuertes fases de elevación de la corteza terrestre dando origen a lo que se conoce como la planicie de altura o Altiplano de la Cordillera de Los Andes entre el sur de Perú, Bolivia y el norte de Chile y Argentina cubriendo un área de 300 Km de ancho y 2000 Km de largo conformándose como un plateau flanqueado a este y oeste por la Cordillera de Los Andes (Isacks, 1988). En Chile se extiende entre los 18° y 27° lat S y alcanza altitudes promedio sobre los 3000 msnm (Muñoz & Charrier, 1996; Scott y col., 2015).

Durante el Cuaternario, el Altiplano presentó periodos alternos de humedad, aridez y enfriamiento lo que promovió la formación de fases lacustres de diversa profundidad y extensión. Una de las últimas fases documentadas corresponde al paleolago Tauca (a 3780 msnm) cuya cuenca alcanzó ~200000 Km² hace ~18-14 ka, luego de lo que variaciones en el régimen de precipitaciones y evaporación dados por la temperatura promovieron su desecación y dieron paso a la formación de salares que persisten hasta hoy entre la cuenca Poopó en Bolivia y la zona sur del Altiplano chileno (Placzek y col., 2006; Blard y col., 2009; Condom y col., 2004; Argollo & Mourguiart, 2000).

Los grandes cambios geológicos y climáticos a los que se ha visto expuesta la región altiplánica especialmente durante los últimos 20 millones de años, la han llevado a ser acreedora de condiciones ambientales muy particulares que han empujado a los organismos a adaptarse para sobrevivir dentro de una amplia gama de sistemas ecológicos con exposición a altos niveles de radiación, fuertes vientos, distribución irregular de precipitaciones con periodos de aridez y temperaturas con marcada variación diaria (Marquet y col., 1998). Además, se ha documentado que las

comunidades acuáticas del Altiplano se verían afectadas por una estacionalidad dada en asociación a las variables fisicoquímicas del agua que se verían modificadas por las lluvias estivales, producto de la acción del proceso meteorológico que se conoce como invierno altiplánico, que genera dos condiciones contrastantes: un periodo húmedo de Diciembre a Marzo y un periodo seco el resto del año, que empujarían variaciones en la estructura y composición de la biota acuática (Márquez-García y col., 2009). Bajo estas condiciones, los cuerpos de agua son considerados verdaderos oasis para la vida y pese a su lenta recuperación, su alta sensibilidad y frágiles comunidades, se están viendo enfrentados a presiones cuyo impacto permanece aún indeterminado (Ibarguchi, 2014). Los sistemas límnicos que se encuentran en el altiplano, especialmente los salares que poseen cuencas evaporíticas, están expuestos además a fuertes presiones ligadas a la disponibilidad de agua, haciendo preocupante el nivel de desconocimiento de su estado ecológico considerando la aridez extrema de la región en la que se encuentran inmersos, y que la principal actividad económica de la zona, la minería, posee altas demandas de agua haciendo que su persistencia se vea amenazada y con ello la biodiversidad que subyace (Márquez-García y col., 2009; Keller & Soto, 1998; Vila y col., 2013; Scott y col., 2015).

Los salares altoandinos, corresponden a sistemas endorreicos con un balance hídrico negativo cuya principal fuente de agua proviene desde fuentes freáticas, derretimiento de nieves y lluvias estivales (Scott y col., 2015; De la Fuente & Meruane, 2016). Conjuntamente, se ha descrito que poseen alto contenido de sodio, calcio, cloruros y sulfatos (Risarcher y col., 2003) y pueden estructurarse en tres subsistemas que corresponden a afloramiento de agua subterránea o vertiente, donde el flujo de agua

puede ir entre 0.1 y 100 L/s (Risacher y col., 2003), humedal y laguna salina a través de los cuales el agua fluye de manera unidireccional y existe un gradiente creciente de salinidad desde la vertiente hacia la laguna. Estos subsistemas poseen distintas calidades fisicoquímicas e hidrodinámicas y presentan alta heterogeneidad espacial (Martínez, 2007). Estas condiciones ambientales permiten el desarrollo de comunidades biológicas muy particulares con un alto grado de endemismo y procesos de especiación en desarrollo, como ha ocurrido en algas verdes y rojas con especies de los géneros *Cyanidium* y *Dunaliella* (Ibarguchi, 2014) así como también en peces Ciprinodóntidos del género *Orestias* (Vila y col., 2013).

El Salar de Carcote o de San Martín cuya cuenca se extiende por ~561Km² corresponde a uno de los remanentes del paleolago Tauca y se encuentra ubicado en el sur del Altiplano chileno a 21°22'36"S-68°20'55"O (Risacher y col., 2003). En su caso particular, el salar de Carcote presenta 3 vertientes que son alimentadas por agua proveniente desde el salar de Ascotán que a su vez recibe flujos de agua subterráneos de Pastos Grandes Caldera ubicado a ~4600msnm en Bolivia (Fig. 1) y se destaca por su menor contenido salino en relación a otros sistemas de la zona (Montti y col., 1970; Keller & Soto, 1998; Risacher y col., 2003).

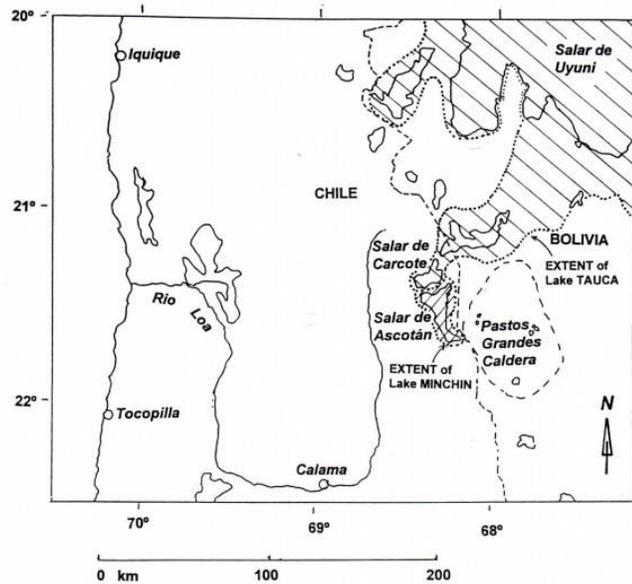


Figura 1. Ubicación del Salar de Carcote y extensión paleo lagos Tauca y Minchín (Modificado de Keller & Soto, 1998)

Este salar, se encuentra cercano a la localidad de Ollague y pese a la existencia de población aledaña y de empresas mineras que podrían requerir de agua en la zona, la información disponible para el salar de Carcote se remite principalmente a estudios geológicos dejando de lado la información acerca de la ecología de las comunidades que allí se encuentran imposibilitando la proyección de los impactos que esto podría llegar a generar a nivel de biodiversidad.

Noss (1990) resaltaba tres aspectos principales de la biodiversidad: su composición, su estructura y su función, estas tres dimensiones abarcan, según el autor, desde el listado de grupos taxonómicos e índices de diversidad, pasando por la organización física del sistema hasta los procesos ecológicos y evolutivos de una cierta área o paisaje, comunidad, población o atributos genéticos. En la dimensión composicional, los análisis

de diversidad representan una aproximación de aquellos patrones que fueron generados por procesos ecológicos y pueden detectarse a una escala local o regional, considerando que la diversidad actual es el resultado de procesos evolutivos irrepetibles (Moreno, 2001). Según Whittaker (1972) los análisis de diversidad se pueden separar en tres tipos para fines prácticos: diversidad alfa (riqueza de especies y su representatividad), diversidad beta (grado de reemplazo de la composición de especies de una comunidad) y diversidad gamma (riqueza de especies de un paisaje heterogéneo resultante de las diversidades alfa y beta) lo que ayudaría a la caracterización de un sistema de interés. En la evaluación de sistemas ecológicos existen, además, los también denominados índices bióticos, que para sistemas acuáticos están principalmente desarrollados con el fin de determinar la calidad de las aguas basados en la respuesta de tolerancia de las comunidades biológicas a las variables fisicoquímicas que describen al sistema y han sido utilizados en varios países europeos, Australia, África y América (Molina & Vila, 2006; Figueroa y col., 2007; Dallas, 2013).

En vista de la necesidad de generar información que permita sentar las bases para el desarrollo de planes de manejo y protección hacia estos sistemas donde la biodiversidad de los cuerpos de agua altiplánicos se vea salvaguardada, se realizó un estudio de la biodiversidad del sistema altiplánico Salar de Carcote mediante una investigación exploratoria de su dimensión composicional que pretende describir los principales elementos de la comunidad acuática de una de sus vertientes y analizar cómo ésta es modificada luego de una perturbación ambiental dada por la exposición a los efectos meteorológicos consecuencia de las lluvias estivales. Asimismo, se busca utilizar a los organismos como bioindicadores de la calidad del agua y analizar su distribución en el

ambiente. De esta manera, se pretende aportar en el conocimiento de estos sistemas con diversidad única y contribuir en el entendimiento de su importancia ecológica.

Hipótesis:

1.- Dada la variación ambiental producto de la estacionalidad entre periodos pre y post lluvias estivales en el Altiplano, se espera encontrar cambios estructurales en la comunidad estudiada ligados a cambios en las variables ambientales dados entre estos periodos y dentro de cada temporada según el gradiente de salinidad teórico entre el origen y la consecución de la vertiente.

2.- Dada la menor salinidad registrada en las vertientes del Salar de Carcote en comparación con otros salares del Altiplano, se espera encontrar una diversidad acuática más relacionada con aguas dulces que con aquella descrita para aguas salobres.

Objetivo general

Caracterizar la biodiversidad acuática de la vertiente I del salar de Carcote y realizar comparaciones pre y post invierno altiplánico.

Objetivos específicos:

- 1.- Identificar la sistemática, estimar abundancia y determinar índices para la caracterización de la diversidad fitoplanctónica.
- 2.- Identificar la sistemática, estimar abundancia y determinar índices para la caracterización de la diversidad zooplanctónica.
- 3.- Identificar la sistemática, estimar abundancia y determinar índices para la caracterización de la diversidad de macroinvertebrados bentónicos.
- 4.- Analizar la relación entre los organismos y las variables ambientales que describen al sistema.
- 5.- Determinar la calidad de las aguas mediante el uso de índices bióticos.
- 6.- Realizar análisis comparativos de los datos obtenidos entre las campañas de muestreo.
- 7.- Realizar análisis comparativos de la diversidad encontrada en Carcote y aquella disponible para otros salares de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

1.- Área de estudio

El área de estudio se presenta en la Figura 1 y corresponde a la vertiente I del Salar de Carcote, en la II Región de Antofagasta, ubicada en 21°16'59,1"S- 68°19'28,21"O a 3690 msnm hábitat del caracol endémico *Heleobia carcotensis* (Collado y col., 2016) y del pez endémico *Orestias gloriae* -Vila (Vila y col., 2011), único pez documentado para la vertiente. Presenta un macroclima tropical de ombrotipo hiperárido y bioclima tropical xérico (Luebert & Pliscoff, 2006). Este afloramiento de agua está inserto en una matriz arbustiva o herbácea de escasa cobertura y baja estratificación (menores a 1m) y es circundado por vegetación azonal hidrófila dominada principalmente por juncáceas, algunas plantas de crecimiento cespitoso que forman penachos herbáceos y plantas de cojín (Ahumada & Faúndez, 2009). Además, se destaca la escasa presencia de macrófitas que se remiten principalmente a representantes del género *Ruppia*.

Entre las campañas de muestreo (Noviembre 2015 a Mayo 2016), esta zona presentó una precipitación acumulada que osciló entre 0 y 25,2 mm con máximos en Febrero (25,2 mm) y Abril (1,1 mm) del 2016, mientras que las temperaturas del aire oscilaron entre 5,8 y 13,3 °C y las del suelo (10 cm) entre 8,9 y 18°C, ambas variables térmicas presentando su valor más bajo en Mayo de 2016, según datos informados por la estación de monitoreo Ollague del INIA (Agromet, 2016).

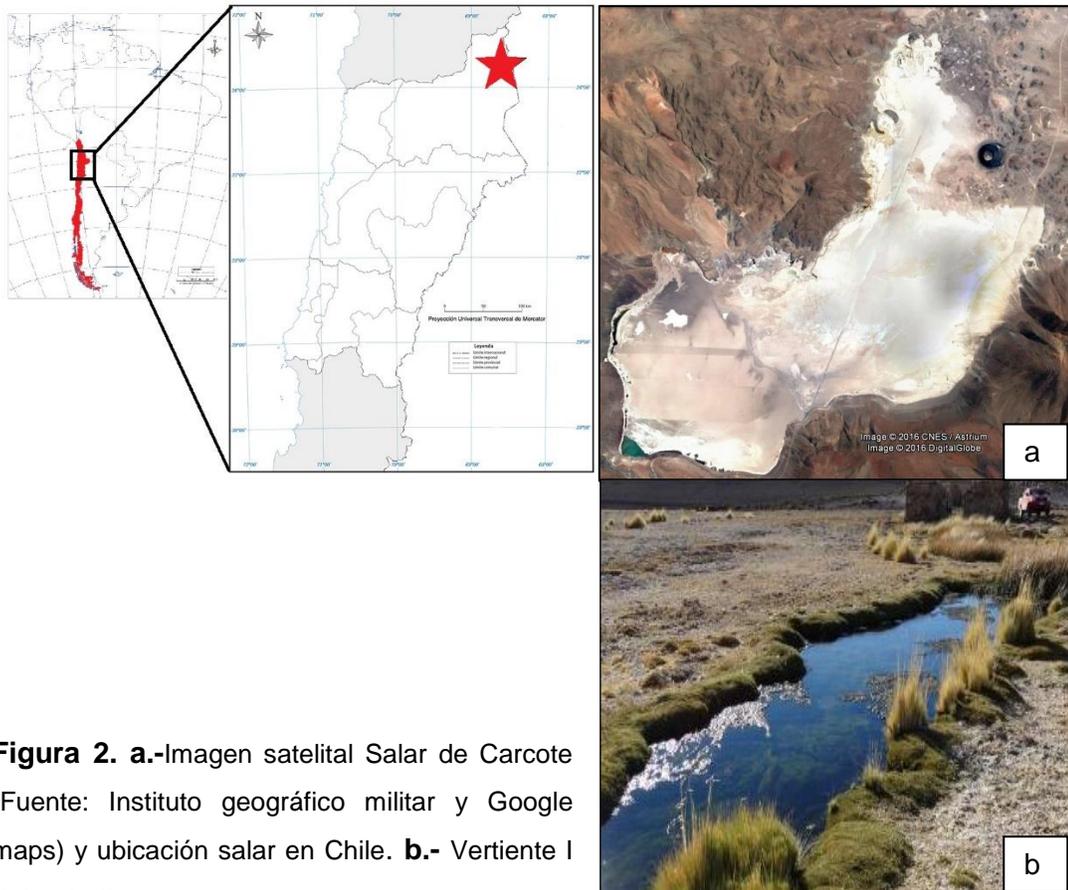


Figura 2. a.-Imagen satelital Salar de Carcote (Fuente: Instituto geográfico militar y Google maps) y ubicación salar en Chile. **b.-** Vertiente I Salar de Carcote.

2.- Muestreo

Se realizaron 2 campañas, la primera en el periodo pre lluvias (Primavera 2015) y la segunda en el periodo post lluvias (Otoño 2016) donde fueron dispuestos 6 sitios de muestreo a lo largo de la vertiente siguiendo un gradiente de salinidad implícito entre el nacimiento de la vertiente y su curso natural hacia la laguna salina.

En cada sitio se procedió a caracterizar fisicoquímicamente el sistema mediante el uso de una sonda multiparámetrica WTW 3430 set G, la cual entrega datos *in situ* de conductividad, pH, oxígeno disuelto y temperatura.

Para el fitoplancton se tomaron muestras de agua de 1L en botellas selladas las cuales fueron fijadas aplicando reactivo de Lugol. El zooplancton fue colectado por medio de la utilización de una red de zooplancton de 200µm de apertura de malla. Para la colecta de macroinvertebrados bentónicos (en adelante, MIB) se procedió según lo indicado en Standard Methods for the examination of water and wastewater (Greenberg y col., 1992), con el uso de una red Surber de 0,09 m² de área.

Para fijar las muestras de zooplancton y de MIB se utilizó etanol al 70%.

3.- Recuento de organismos

3.1.- Fitoplancton:

Para el recuento de microalgas se utilizó una modificación del método de sedimentación de Utermöhl (1958). Se procedió según se indica en el Manual de métodos ficológicos de la Universidad de Concepción (Alveal y col., 1995). Se montaron 2 columnas por punto de muestreo de 25ml las cuales sedimentaron 3 horas/cm de altura de la columna como lo recomendado en Elosegui & Sabater (2009). Los valores de abundancia obtenidos para ambas columnas fueron promediados para su posterior utilización en el cálculo de los índices de diversidad por sitio de muestreo. Las muestras fueron analizadas mediante un microscopio invertido modelo Olympus B071 con un aumento de 400x.

3.2.- Zooplancton:

El recuento de zooplancton se realizó mediante cámaras de Bogorov en una lupa estereoscópica Leica modelo EZ4HD.

3.3.- Macroinvertebrados bentónicos (MIB):

El recuento de MIB se realizó mediante el uso de una lupa estereoscópica Leica modelo EZ4HD.

4.- Identificación

La identificación sistemática de los organismos se realizó por medio de microscopio Olympus modelo B071 y microscopio Leica modelo DM500, mediante revisión bibliográfica especializada, utilización de claves de identificación y consulta a expertos con el fin de lograr el mayor nivel de resolución taxonómica posible. Los materiales utilizados corresponden a Parra y col. (1983), Parra & Bicudo (1996), Díaz & Maidana (2005), Smith (1950), Olivier (1965), Cox (1996), Dejoux & Ilitis (1991), Edmonson (ed), (1966), Pennak (1953), Araya & Zúñiga (1985), Domínguez. & Fernández (2009), Prat & Rieradevall (2011), Lopretto & Tell (1995).

El detalle de los taxa identificados se encuentra disponible en el Anexo 3.

5.- Análisis de datos

5.1.- Abundancia

Los valores de abundancia fitoplanctónica fueron calculados mediante:

$$Abundancia (ind/L) = \frac{n * At}{Af * F * V}$$

Donde n: número de organismos contados; At: área de fondo de la cámara; Af: área de un campo; F: número de campos contados; V: volumen de la muestra sedimentada.

Los valores de abundancia zooplanctónica fueron calculados según:

$$Abundancia (ind/L) = \frac{n}{Vf}$$

Donde n: número de organismos contados; Vf: volumen de agua filtrado con red.

Los valores de abundancia para los MIB fueron calculados según:

$$Abundancia (ind/m^2) = \frac{n}{As}$$

Donde n: número de organismos contados; As: área muestreada con red Surber.

5.2.- Índices de diversidad

Para el cálculo de la diversidad y equitatividad se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener y de Simpson respectivamente, que corresponden a:

$$H' = \sum_{i=1}^{S'} (ni/n) \ln(ni/n)$$

$$\lambda = - \sum (ni/n)^2$$

Donde H': índice de Shannon Wiener; λ : índice de Simpson; ni: número de individuos por especie; n: número total de individuos; ln: logaritmo natural.

Para el cálculo de la similitud se utilizó el coeficiente de Jaccard dado por:

$$Ij = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde Ij: coeficiente de similitud de Jaccard; a: número de especies presentes en el sitio A; b: número de especies presentes en el sitio B; c: número de especies presentes en ambos sitios.

Se utilizó este coeficiente tanto para comprar entre campañas de muestreo como para la comparación de la diversidad encontrada en Carcote con la de otros sistemas de la zona.

5.3.- Datos fisicoquímicos y comparación entre campañas

Para evaluar las diferencias significativas entre campañas de las variables fisicoquímicas medidas y los parámetros biológicos analizados (abundancia, riqueza y diversidad) se realizaron test t de Student o U de Mann-Whitney según tipo de datos.

Para evaluar el posible efecto del gradiente salino en la abundancia entre campañas, se realizó un análisis de covarianza con aquellas variables que resultaron correlacionadas con este gradiente. Este análisis se realizó también para riqueza y diversidad en los tres grupos analizados.

Para evaluar la asociación de los datos biológicos con las variables ambientales medidas entre campañas se realizó un análisis de gradiente directo de redundancia (RDA). Este análisis multivariado combina regresiones con análisis de componentes principales para datos de composición comunitaria con una respuesta lineal. Se realizó según el procedimiento indicado por Borcard y col. (2011), utilizando los datos de abundancia por grupo analizado previamente transformados según la transformación de Hellinger como se señala en Legendre & Galhager (2001). Para evaluar la significancia de los modelos se realizó un test de permutaciones indicado en el mismo procedimiento.

Los análisis se realizaron mediante el software R versión 3.3.1 (R Core Team 2016).

5.4.- Índices bióticos

Para evaluar la calidad de agua se trabajó en base a la diversidad de MIB por medio de los siguientes índices bióticos:

- a) Índice biótico andino (Ríos-Touma y col., 2014)

$$ABI = \sum vt$$

Donde ABI: índice biótico andino; vt: valor de tolerancia por familia para ABI

- b) Biological monitoring working party para Chile (Figueroa y col., 2007)

$$ChBMWP = \sum vt$$

Donde ChBMWP: índice ChBMWP; Vt: valor de tolerancia por familia para ChBMWP

- c) Índice biótico de Hilsenhoff modificado, RBP II, (Mandaville, 2002)

$$IB = \frac{\sum xi ti}{N}$$

Donde IB: índice biótico de Hilsenhoff modificado, RBP II; N: número total de individuos en la muestra; xi: número de individuos en una especie; ti: puntaje de tolerancia por especie para IB.

Se eligió el índice ChBMWP por ser una adaptación para Chile del BMWP, ampliamente utilizado para mediciones de este tipo, el IB debido a su alta resolución que otorga valores de tolerancia hasta nivel de género y especie y ABI debido a que está adaptado para familias de sistemas andinos sudamericanos que se ubican por sobre los 2.000 msnm.

5.5 Comparación con otros sistemas de la zona

Para realizar comparaciones de la composición biológica encontrada con aquella presente en otros sistemas de la zona y dilucidar si existe una mayor similitud de la composición biológica del Salar de Carcote con sistemas de agua menos salina, se recopiló información bibliográfica de dos sistemas de vertientes de salares cercanos: el salar de Ascotán, que presenta un mayor contenido salino que el Salar de Carcote y el salar de Huasco, cuyas aguas son menos salobres (Keller & Soto, 1998). En vista de ello, se utilizó como referencia a Lagomarsino (2015) respecto al zooplancton y fitoplancton del Salar de Ascotán, Riveros y col. (2012), que presenta datos del zooplancton y MIB del Salar de Huasco y Ángel (2016, datos sin publicar), donde se presentan datos de fitoplancton del Salar de Huasco luego de lo cual fue calculado el coeficiente de similitud de Jaccard. Cabe mencionar que no se encontraron datos disponibles acerca de los MIB del Salar de Ascotán por lo que fueron excluidos del análisis.

RESULTADOS

1.- Comparaciones globales entre las campañas de muestreo

1.1.- Variables fisicoquímicas

Los resultados de los tes t de Student realizados a las variables fisicoquímicas que fueron medidas se presentan a continuación:

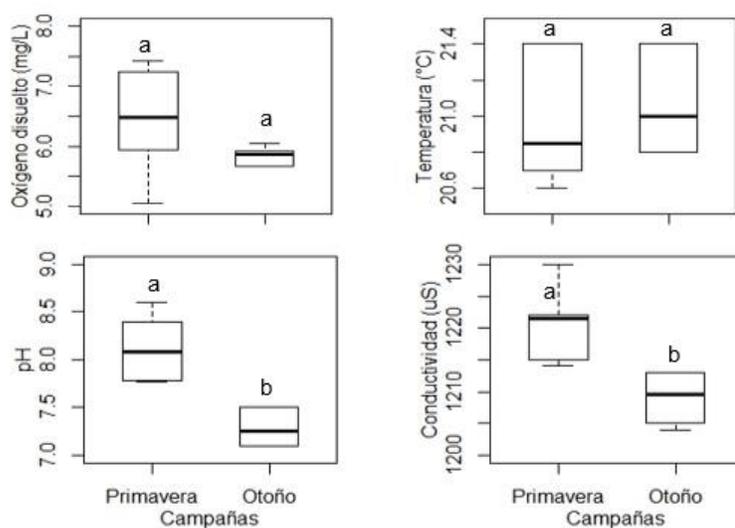


Figura 3. Boxplot de variables fisicoquímicas medidas para ambas campañas de muestreo. El test t de Student mostró diferencias significativas entre los tratamientos. En los gráficos, las letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Según los resultados mostrados en la Figura 3, tanto el pH como la conductividad mostraron diferencias significativas entre las temporadas de muestreo ($p < 0,05$).

1.2.- Abundancia, riqueza y diversidad para fitoplancton, zooplancton y MIB entre las campañas de muestreo

La abundancia relativa de los taxa de fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados bentónicos en ambas temporadas de muestreo se muestra en la Figura 4.

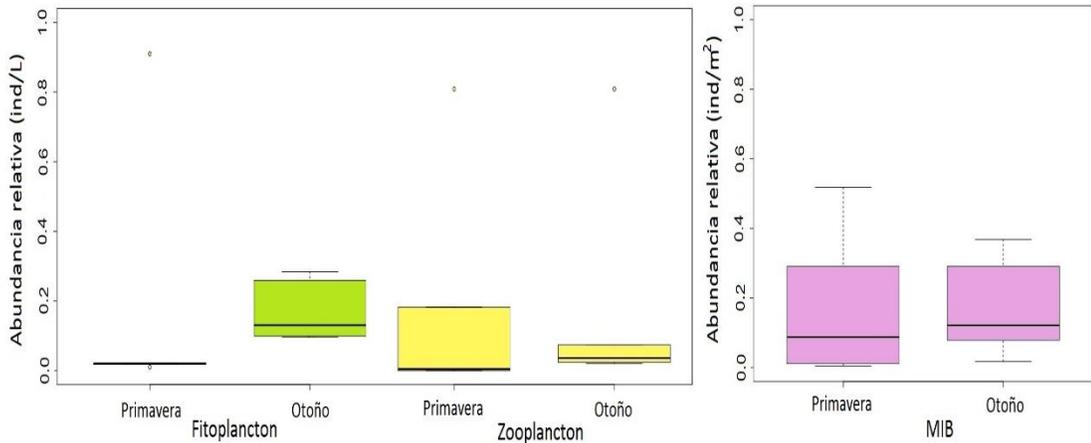


Figura 4. Boxplot de abundancias relativas para Fitoplancton (verde), Zooplancton (amarillo) y MIB (lila) para ambas campañas de muestreo. El test t Student o de U Mann-Withney no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$).

Pese a que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para la abundancia de fitoplancton, zooplancton y MIB, se observa que hay una contraposición en el aumento de las abundancias de fitoplancton, cuyo mayor valor se encuentra en Otoño, y zooplancton, que alcanza su máximo en Primavera. En tanto los MIB se mantienen en rangos similares entre ambas campañas de muestreo.

En la Figura 5 se muestran los valores de riqueza de taxa para Fitoplancton, Zooplancton y MIB para ambas campañas de muestreo.

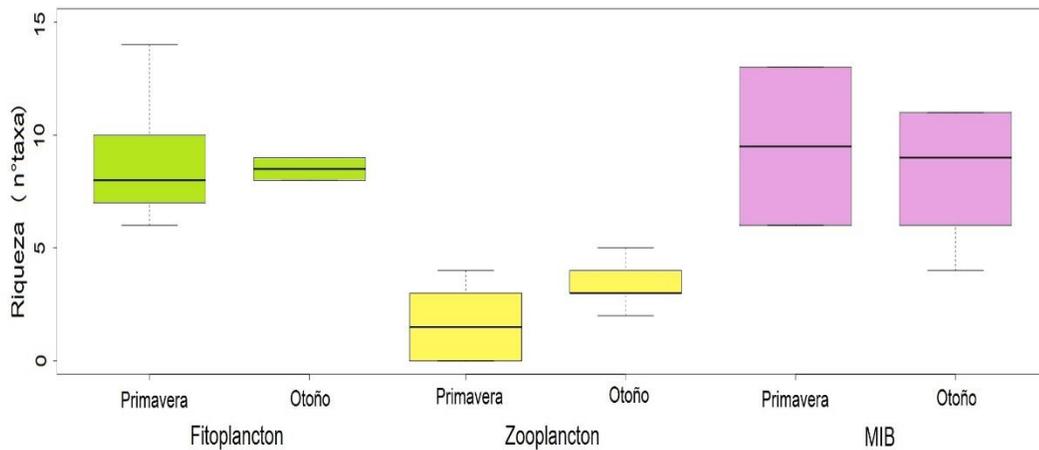


Figura 5. Boxplot de riqueza de taxa para Fitoplancton (verde), Zooplancton (amarillo) y MIB (lila) para ambas campañas de muestreo. El test t Student o de U Mann-Withney no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$).

Los test comparativos realizados no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para la riqueza de taxa de los grupos estudiados. Sin embargo, los grupos con mayor riqueza de taxa corresponden a fitoplancton y MIB teniendo ambos su mayor valor en Primavera.

Los grupos con mayor Diversidad, según el Índice de diversidad de Shannon-Wiener corresponden a fitoplancton y MIB (Figura 6). Los test realizados no señalaron diferencias significativas entre campañas para ninguno de los grupos estudiados.

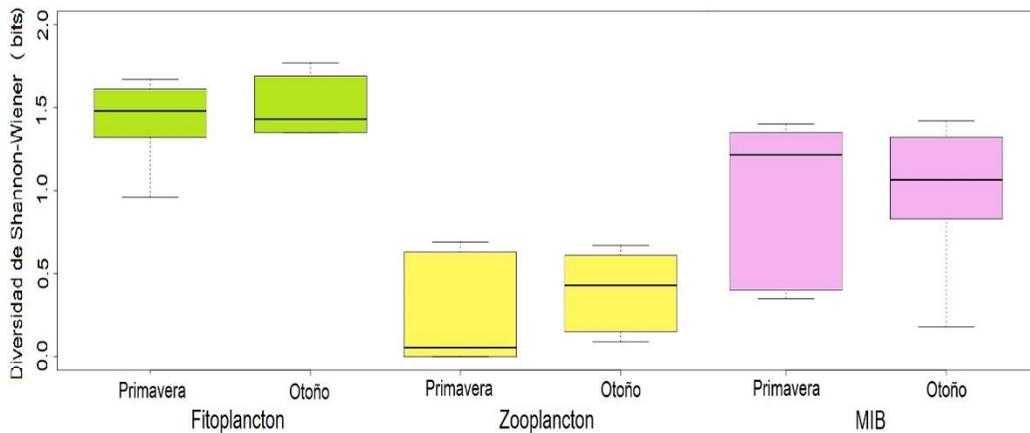


Figura 6. Boxplot de Diversidad de Shannon-Wiener para Fitoplancton (verde), Zooplancton (amarillo) y MIB (lila) para ambas campañas de muestreo. El test t Student o de U Mann-Withney no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$).

Los test realizados tampoco arrojaron diferencias significativas entre las campañas de muestreo en la Diversidad de Simpson medida para ninguno de los tres grupos estudiados (Figura 7).

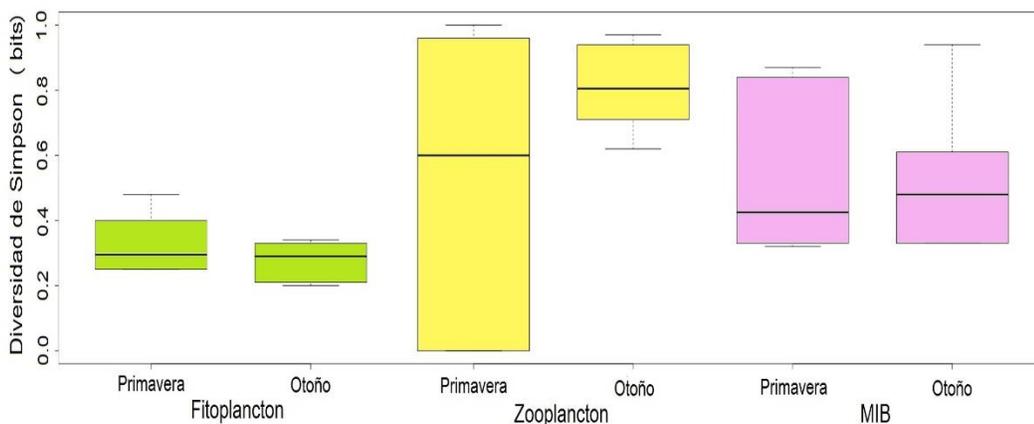


Figura 7. Boxplot de Diversidad de Simpson para Fitoplancton (verde), Zooplancton (amarillo) y MIB (lila) para ambas campañas de muestreo. El test t Student o de U Mann-Withney no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$).

1.3.-Coeficiente de similitud de Jaccard

Los resultados del coeficiente de similitud de Jaccard para ambas campañas de muestreo por grupo analizado se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.- Coeficiente de similitud de Jaccard entre ambas campañas de muestreo para los tres grupos analizados.

	Fitoplancton	Zooplancton	MIB
Coeficiente de similitud de Jaccard	0,67	0,83	0,48

Para los grupos planctónicos, la similitud entre campañas según el coeficiente calculado es >65% mientras que para los MIB ésta se mantiene por debajo del 50%. El grupo que presenta mayor similitud entre campañas de muestreo corresponde al zooplancton.

1.4.- Análisis de redundancia lineal (RDA)

A continuación, se muestran los resultados de los análisis de redundancia (RDA) realizados para los tres grupos en estudio en forma de triplot considerando los dos primeros ejes canónicos (RDA1 y RDA2) con los taxa correspondientes y los sitios por campaña de muestreo.

1.4.1.-Fitoplancton

El RDA para la abundancia del fitoplancton ajustada por la transformación de Hellinger se resume en el triplot de la Figura 8.

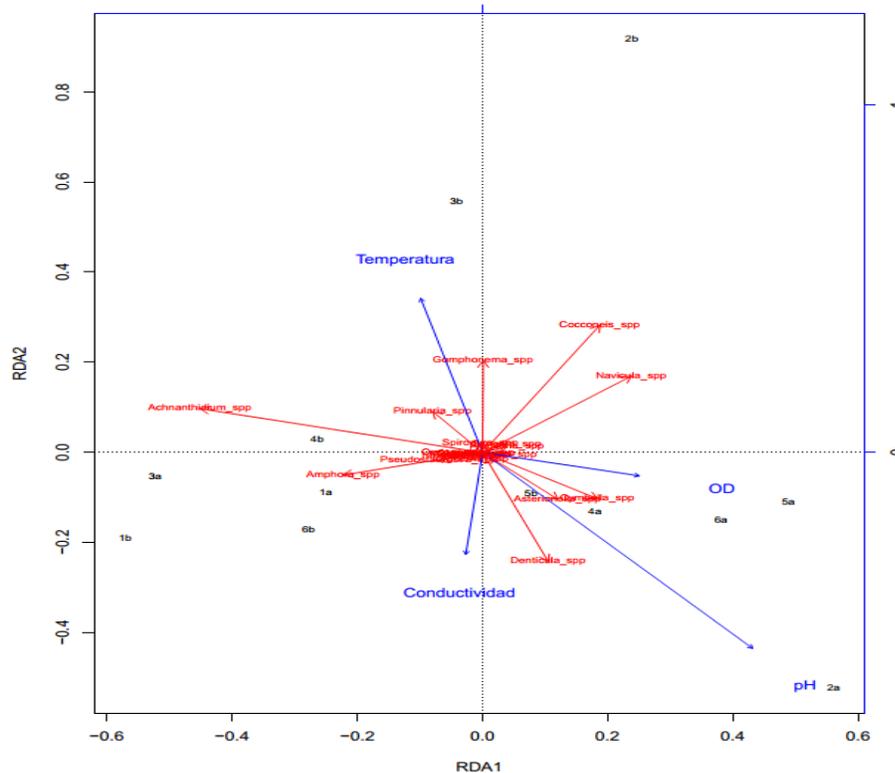


Figura 8. Análisis de redundancia basado en transformación de Hellinger para la abundancia del Fitoplancton. Ambos ejes graficados explican un 51% de la varianza de los datos. El test de permutaciones indica que el modelo difiere significativamente del azar ($p < 0,05$). Las flechas azules corresponden a las variables explicativas, las líneas rojas corresponden a los géneros fitoplanctónicos y los sitios de muestreo son enumerados del 1 al 6 con “a” para la campaña de Primavera y “b” para la campaña de Otoño.

La proporción de varianza explicada por el RDA1 corresponde a un 32% y a un 19% para el RDA2. En el RDA1, la temperatura tiene el más alto valor de correlación seguido del pH. En el RDA2, la temperatura nuevamente tiene una mayor correlación seguida del oxígeno disuelto. Los resultados del test de permutaciones indican que este corresponde a un modelo significativamente distinto al azar ($p < 0,001$). En cuanto a las

variables ambientales que resultaron contribuir significativamente al modelo se encontró que todas presentan un $p < 0,05$.

El RDA efectuado para el fitoplancton indica que el eje RDA2 agrupa todos los puntos de la campaña de Primavera mientras que el eje RDA1 separa los puntos de esa campaña en la primera y la segunda mitad de la vertiente donde sería la temperatura, la que toma relevancia en la explicación de esta distribución. Esta separación no es tal en la campaña 2, donde los sitios de muestreo se distribuyen de manera más errática.

1.4.2.-Zooplancton

El RDA para la abundancia del zooplancton ajustada por la transformación de Hellinger se resume en el triplot de la Figura 9.

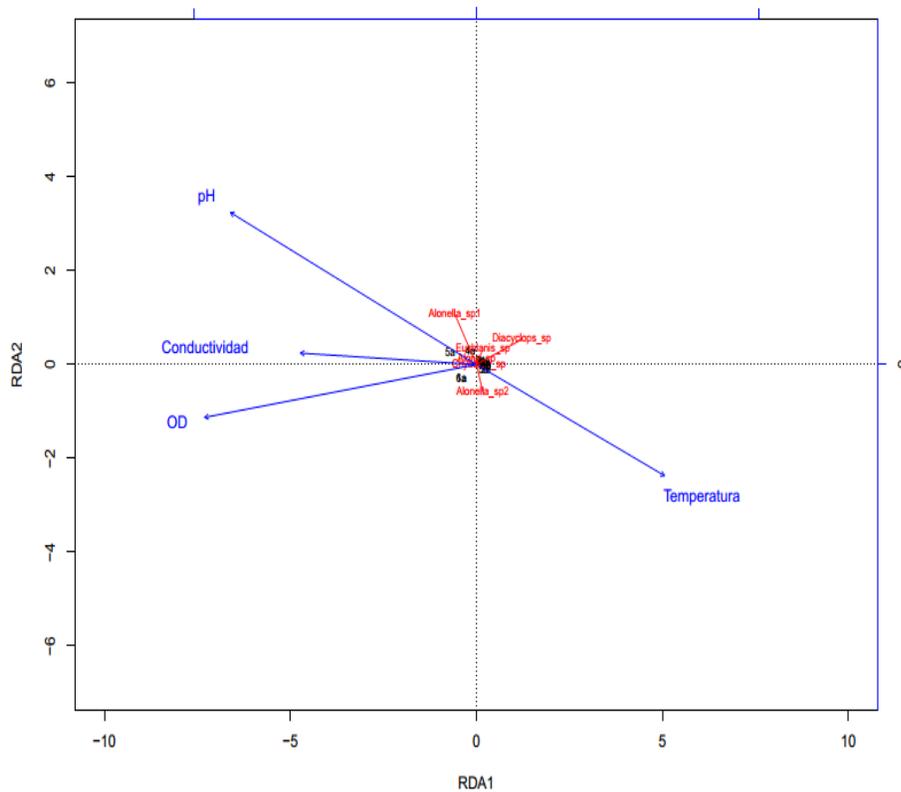


Figura 9. Análisis de redundancia basado en transformación de Hellinger para la abundancia del Zooplancton. Ambos ejes graficados explican un 56% de la varianza de los datos. El test de permutaciones indica que el modelo difiere significativamente del azar ($p < 0,05$). Las flechas azules corresponden a las variables explicativas, las líneas rojas corresponden a los taxa zooplanctónicos y los sitios de muestreo son enumerados del 1 al 6 con “a” para la campaña de Primavera y “b” para la campaña de Otoño.

La proporción de varianza explicada por el RDA1 corresponde a un 53% y a un 3% para el RDA2. En el RDA1, el oxígeno disuelto tiene el más alto valor de correlación seguido del pH, ambas negativas. Los resultados del test de permutaciones indican que este corresponde a un modelo significativamente distinto al azar ($p < 0,05$). En cuanto a las variables ambientales que resultaron contribuir significativamente al modelo se encontró

que sólo el pH presenta un $p < 0,05$. Sin embargo, los resultados de este análisis no permiten realizar una diferenciación clara entre los sitios ni entre los organismos.

1.4.3.-MIB

El RDA para la abundancia de MIB ajustada por la transformación de Hellinger se resume en el triplot de la Figura 10.

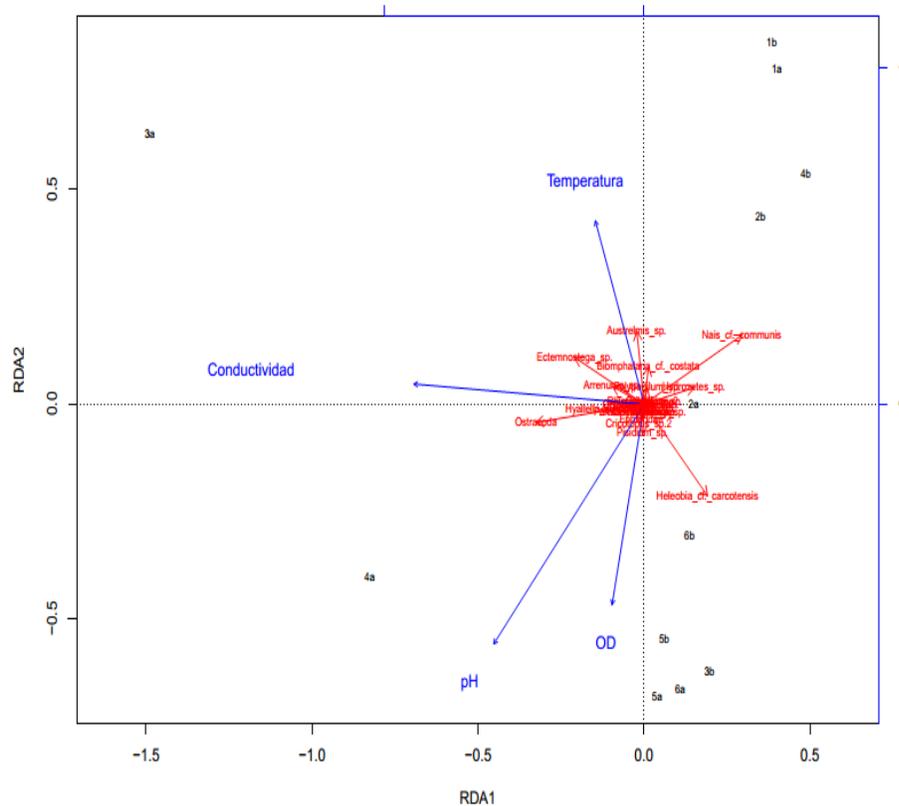


Figura 10. Análisis de redundancia basado en transformación de Hellinger para la abundancia de MIB. Ambos ejes graficados explican un 28% de la varianza de los datos. El test de permutaciones indica que el modelo NO difiere significativamente del azar ($p > 0,05$). Las flechas azules corresponden a las variables explicativas, las líneas rojas corresponden a los géneros

fitoplanctónicos y los sitios de muestreo son enumerados del 1 al 6 con “a” para la campaña de Primavera y “b” para la campaña de Otoño.

La proporción de varianza explicada por el RDA1 corresponde a un 20% y a un 8% para el RDA2. En el RDA1, el pH tiene el más alto valor de correlación seguido del oxígeno disuelto. En el RDA2, el pH nuevamente tiene una mayor correlación seguido de la temperatura, ambas negativas. Los resultados del test de permutaciones indican que este no corresponde a un modelo significativamente distinto al azar ($p > 0,05$).

2.- Gradiente ambiental y taxa identificados en las campañas de muestreo

2.1.- Análisis de covarianza (ANCOVA)

Como se mencionó en la sección de materiales y métodos, se realizaron ANCOVAs tanto de la riqueza, como de la abundancia y diversidad de los tres grupos analizados con la variable fisicoquímica medida que mejor represente el gradiente ambiental de salinidad en el curso natural de la vertiente según análisis previos de correlación para discernir si existía una respuesta biológica a este gradiente y también si existía una variación entre campañas de muestreo añadiendo una covariable al análisis. En la Tabla 2, se muestran las correlaciones realizadas con las variables fisicoquímicas medidas.

Tabla 2.- Coeficientes de correlación gradiente ambiental de salinidad para las variables fisicoquímicas por campaña de muestreo.

	pH	Cond	OD	T
Primavera	0,918	<0,5	0,740	-0,709
Otoño	0,844	<0,5	0,539	-0,547

Si bien el pH presenta la mayor correlación con el gradiente de salinidad, los resultados de los ANCOVAs realizados con esta covariable no fueron significativos, por tanto, se procedió con el oxígeno disuelto y la temperatura. Los resultados significativos de estos análisis se restringieron sólo a la abundancia y riqueza zooplanctónica siendo infructuosos para la abundancia, riqueza y diversidad del fitoplancton y MIB y para la diversidad del zooplancton. Las especificaciones de los resultados de los ANCOVAs son resumidas en la Tabla 3.

Tabla 3.- Resumen de resultados significativos ANCOVAs de los componentes de la estructura comunitaria utilizado con covariable seleccionada. Donde Grupo, comunidad analizada (fitoplancton, zooplancton o MIB); Componente, componente de la estructura comunitaria (abundancia, riqueza o diversidad); Covariable, covariable utilizada en el análisis (Oxígeno disuelto OD o temperatura T [°C]); Factor, factor del análisis cuyo p value resultó ser significativo ($p < 0,05$).

Grupo	Componente	Covariable	Factor	p value
Zooplancton	Riqueza	OD	OD	0,017
Zooplancton	Riqueza	Temperatura	T: Campaña	0,012
Zooplancton	Abundancia	OD	OD	0,034
Zooplancton	Abundancia	Temperatura	T	0,039

Los resultados mostrados en la Tabla 3 indican que la riqueza del zooplancton responde al gradiente ambiental cuando la covariable es el oxígeno y también cuando la covariable es la temperatura, sin embargo, es con esta última que se observa además una variación significativa entre las campañas de muestreo. En tanto la abundancia del zooplancton responde al gradiente ambiental usando las mismas covariables, no obstante, ni con la

temperatura ni con el oxígeno disuelto se muestra una variación significativa de este componente entre las campañas de muestreo.

2.2.- Fitoplancton

En las Figuras 11 y 12, se presentan los valores de abundancia de cada género de fitoplancton identificado en relación a la abundancia total por campaña de muestreo en forma porcentual para hacer visibles a aquellos géneros con menor representatividad. En la clasificación “otros” fueron agrupados aquellos géneros que representaban menos del 1% de abundancia en relación al total de la campaña.

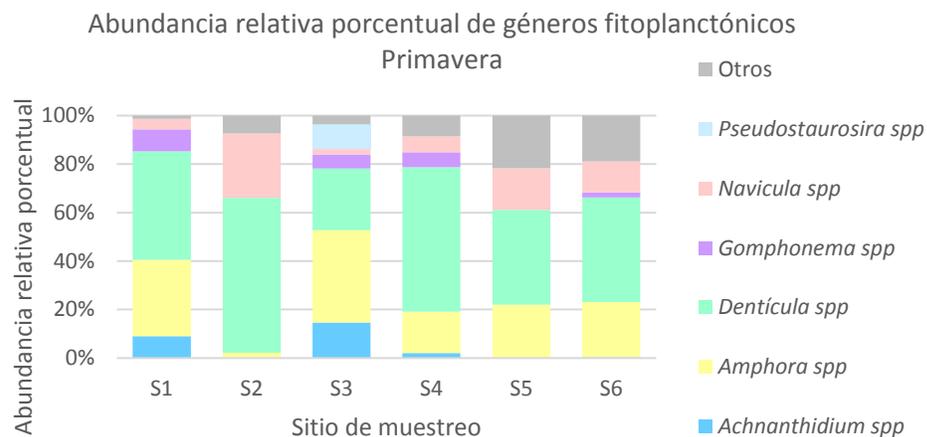


Figura 11. Abundancia relativa porcentual de los géneros fitoplanctónicos en la campaña Primavera. La categoría “Otros” considera a todos aquellos géneros cuya abundancia representó menos del 1% de la abundancia total de la campaña.

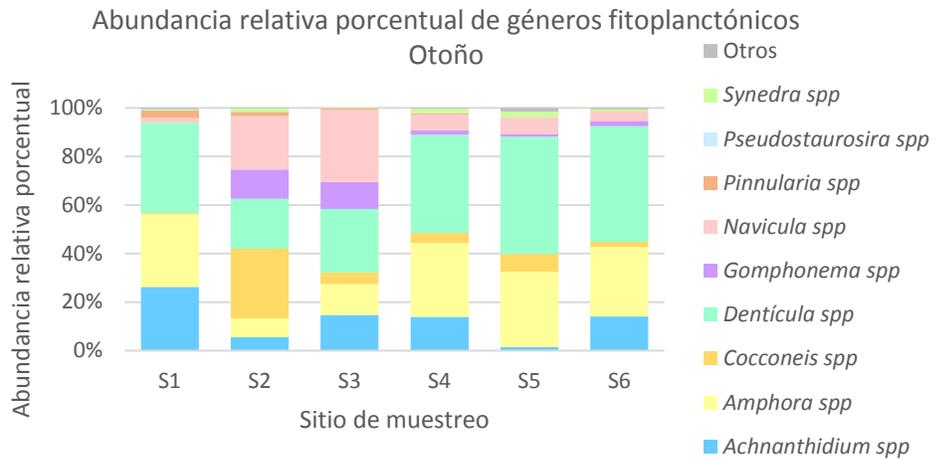


Figura 12. Abundancia relativa porcentual de los géneros fitoplanctónicos en la campaña Otoño. La categoría “Otros” considera a todos aquellos géneros cuya abundancia representó menos del 1% de la abundancia total de la campaña.

En Primavera fue registrado un leve aumento en la abundancia de géneros pertenecientes a la clasificación Chlorophyta (0,9 puntos porcentuales) y Charophyta (0,05 puntos porcentuales) aunque existió una predominancia de géneros pertenecientes a Bacillariophyta, la cual se mantuvo en ambas campañas (~99%) donde el género más representado correspondió a Denticula. La diversidad morfológica de algunos de los géneros fitoplanctónicos encontrados se presenta en el Anexo 5.

Los valores de abundancia total y riqueza de géneros fitoplanctónicos por sitio y campaña de muestreo se presentan en la Figura 13.

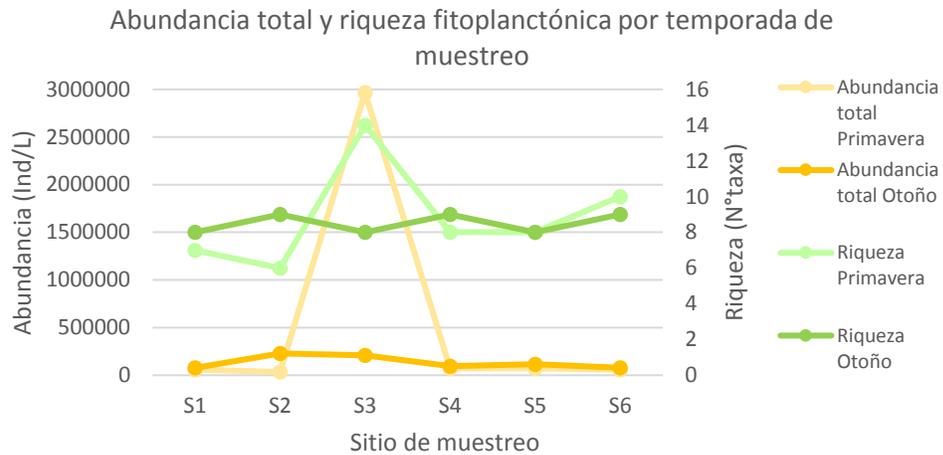


Figura 13. Abundancia total y riqueza fitoplanctónica por sitio y campaña de muestreo.

Los valores de riqueza son mayores en la campaña Primavera alcanzando un total de 19 géneros versus los 14 encontrados en Otoño. La riqueza total de géneros (incluyendo la clasificación Cladoforal) correspondió a 21. En Primavera, la riqueza aumentó en el sentido del curso de la vertiente y junto con la abundancia, tuvieron un máximo en S3, mientras que para los demás sitios se observan valores similares. En Otoño, los valores de riqueza y abundancia fueron más bien homogéneos a lo largo de la vertiente. La abundancia total de cada campaña alcanzó las 3.262.194 células/L en Primavera y 803.812,2 células/L en Otoño, los valores en detalle se presentan en el Anexo 2.

Para el fitoplancton, los resultados del índice de Shannon-Wiener y Simpson se resumen en la Figura 14.

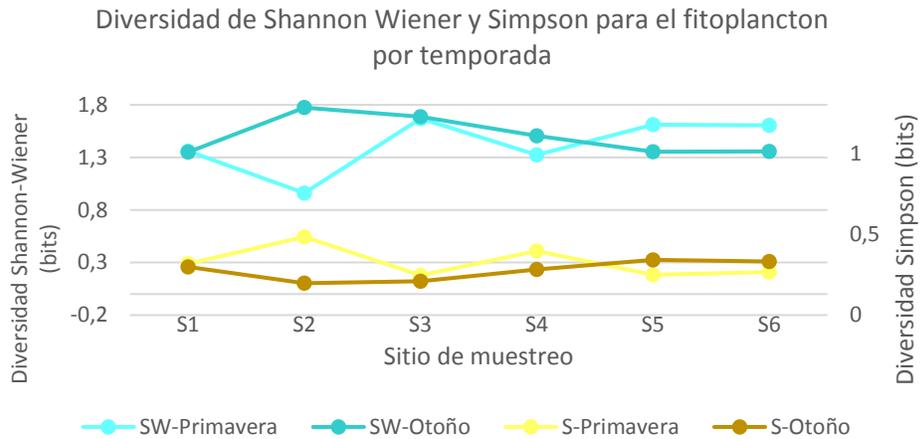


Figura 14. Índice de Shannon-Wiener y Simpson por sitio y temporada de muestreo para el Fitoplancton.

El fitoplancton mostró una diversidad en torno a los 1,4 bits la cual, en promedio fue levemente mayor en Otoño. La dominancia indicada por el índice de Simpson estuvo en torno a los 0,3 bits y se mantuvo sin mayor variación entre las campañas.

2.3.-Zooplancton

En las Figuras 15 y 16, se presentan los valores de abundancia de cada género de zooplancton identificado en relación a la abundancia total por campaña de muestreo en forma porcentual para hacer visibles a aquellos géneros con menor representatividad.

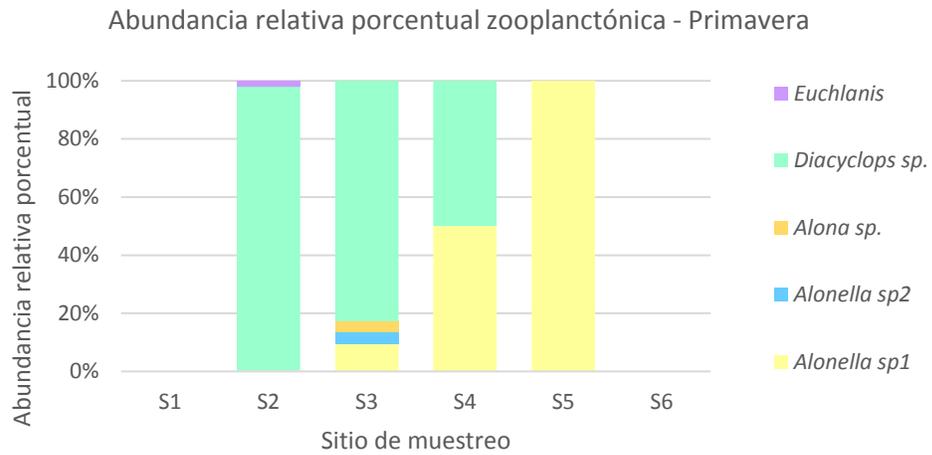


Figura 15. Abundancia relativa porcentual de los géneros zooplanctónicos en la campaña Primavera.

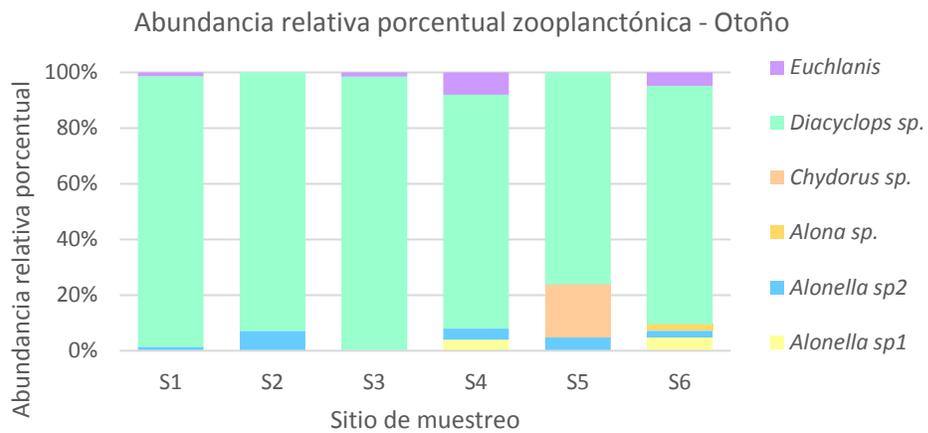


Figura 16. Abundancia relativa porcentual de los géneros zooplanctónicos en la campaña Otoño.

La abundancia total y riqueza de taxa de zooplancton encontrados por sitio y campaña se muestran en la Figura 8.

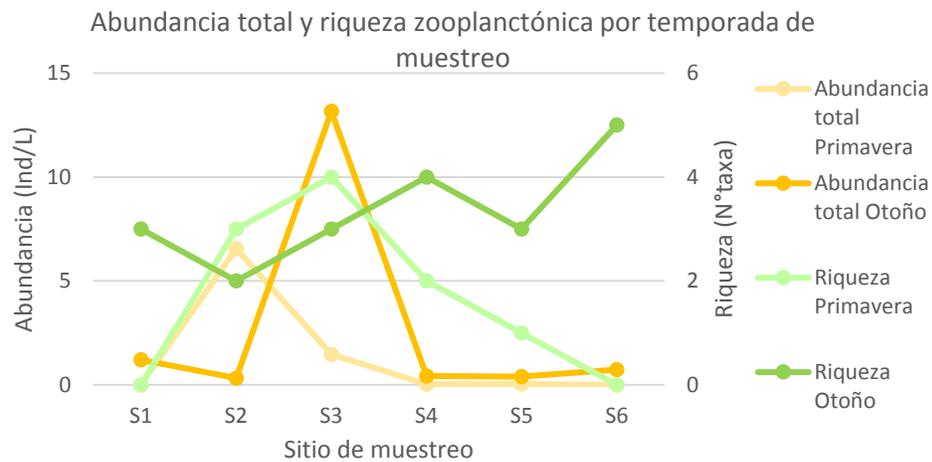


Figura 17. Abundancia total y riqueza zooplanctónica por sitio y campaña de muestreo.

La riqueza total de géneros zooplanctónicos sumando las 2 campañas correspondió a 6 taxa. La abundancia total de la campaña Primavera alcanzó los 8 individuos/L y 16 individuos/L en Otoño, los valores en detalle se presentan en el Anexo 2.

Los valores de abundancia y riqueza presentaron un amplio rango de variación entre sitios de muestreo, llegando a encontrarse sitios sin presencia de especies de este grupo (S1 y S6) en la campaña de Primavera. Luego de las lluvias, la abundancia aumentó con un máximo en S3, y también lo hizo la riqueza de especies la cual además fue en aumento a medida que los sitios de muestreo se alejaban del nacimiento de la vertiente. Tanto la abundancia (en ambas campañas) como la riqueza (en Otoño) alcanzaron sus valores más bajos hacia el final de la vertiente (S4, S5 y S6).

En la Figura 18 se observa que la diversidad de zooplancton dada por el índice de Shannon-Wiener se mantuvo en torno a los 0,6 bits y presentó mayor valor en Otoño. En cuanto a la dominancia, ésta se mantuvo en torno a los 0,3 bits.

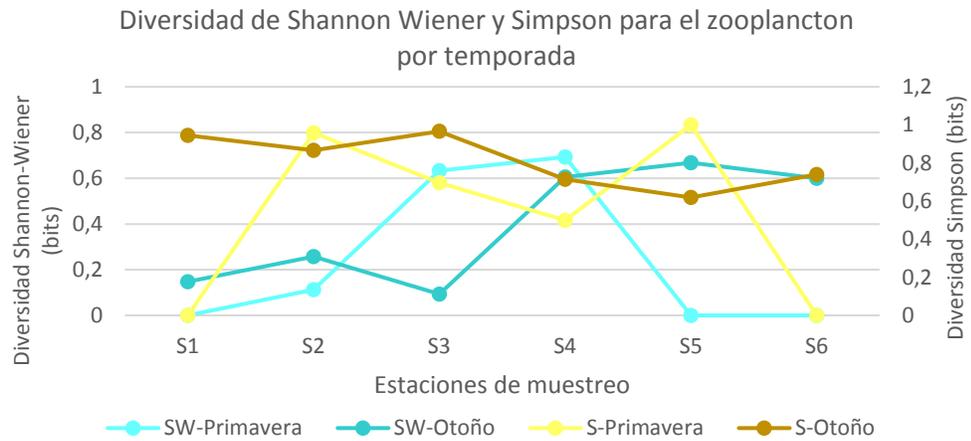


Figura 18. Índice de Shannon-Wiener y Simpson por sitio y temporada de muestreo para el Zooplancton.

Para el zooplancton, existió una menor cantidad de especies y mayor dominancia en Primavera, en Otoño en cambio, existieron más especies y resultaron ser más equitativas. La diversidad morfológica de algunos de los géneros zooplanctónicos encontrados se presenta en el Anexo 5.

2.4.- Macroinvertebrados bentónicos

En las Figuras 19 y 20 se presentan los valores de abundancia de cada taxón de MIB identificado en relación a la abundancia total por campaña de muestreo en forma porcentual para hacer visibles a aquellos con menor representatividad. En la clasificación “otros” fueron agrupados aquellos taxa que representaban menos del 1% de abundancia en relación al total de la campaña.

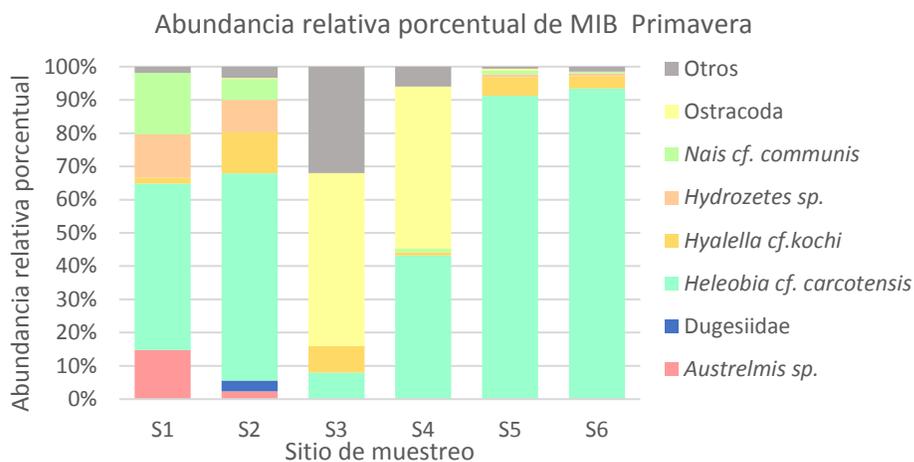


Figura 19. Abundancia relativa porcentual de los taxa de MIB en la campaña Primavera. La categoría “Otros” considera a todos aquellos taxa cuya abundancia representó menos del 1% de la abundancia total de la campaña.

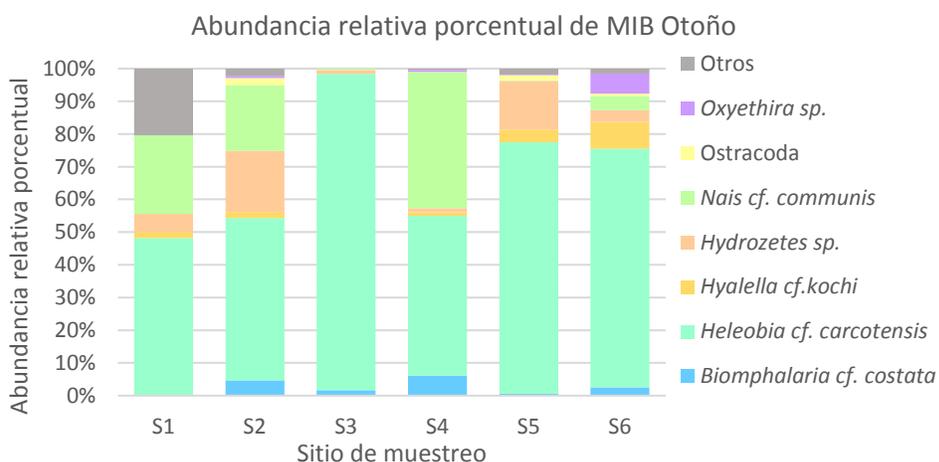


Figura 20. Abundancia relativa porcentual de los taxa de MIB en la campaña Otoño. La categoría “Otros” considera a todos aquellos taxa cuya abundancia representó menos del 1% de la abundancia total de la campaña.

Los valores de abundancia total y riqueza de taxa de MIB por sitio y campaña de muestreo se presentan en la Figura 21.

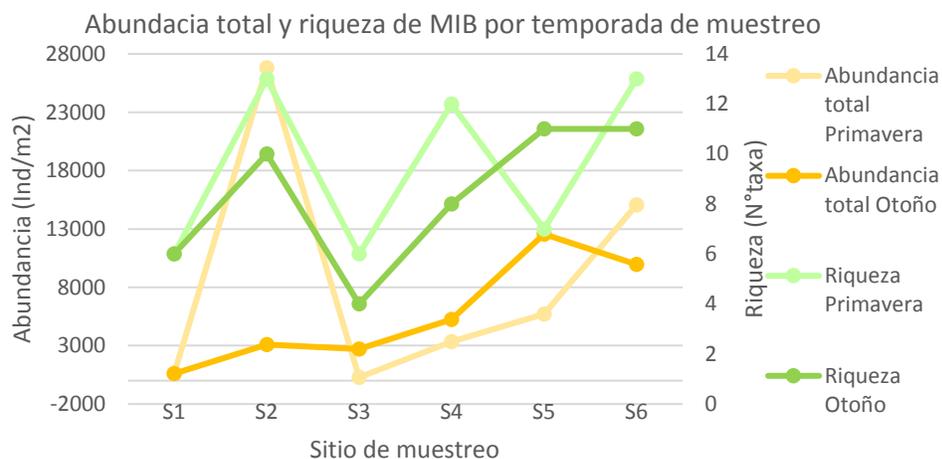


Figura 21. Abundancia total y riqueza MIB por sitio y campaña de muestreo.

En Primavera existió una disminución de la abundancia de taxa pertenecientes al Phylum Platyhelminthes (0,3 puntos porcentuales) y Annelida (6 puntos porcentuales), los cuales fueron los menos representados en los muestreos, mientras que aquellos pertenecientes a Mollusca aumentaron en 4 puntos porcentuales y mantuvieron un promedio de representación de 19%. Arthropoda se mantuvo como Phylum dominante cuyos taxa representaron por sobre el 70% de la abundancia total en ambas campañas.

La Riqueza de taxa en Primavera alcanzó un máximo de 21 versus los 16 encontrados en Otoño. Entre ambas campañas se lograron identificar un total de 25 taxa de MIB.

La abundancia total para Primavera y Otoño correspondió a 51.800 individuos/m² y 34.144 individuos/m² respectivamente, los valores en detalle se presentan en el Anexo 2.

La diversidad de MIB se mantuvo entre campañas de muestreo en torno a los 0,99 bits al igual que la dominancia cuyo valor en ambas campañas fue de 0,55 bits, sin embargo,

al igual que para el zooplancton, ambos índices muestran un amplio rango de variación entre los sitios de muestreo (Figura 22).

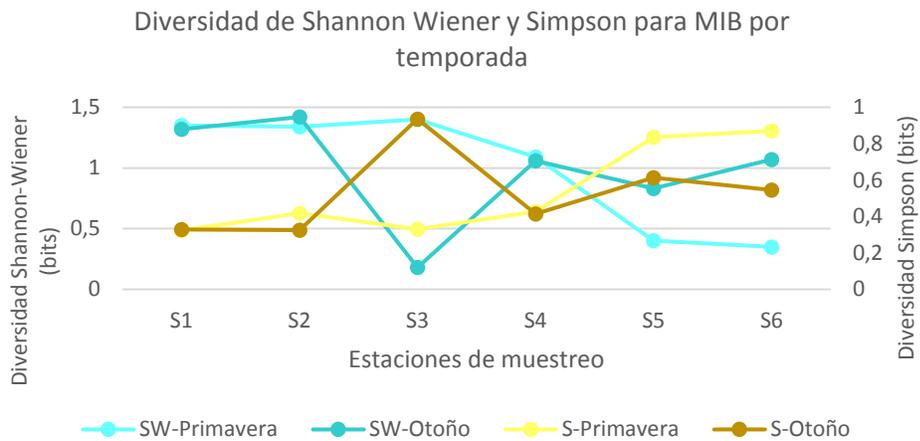


Figura 22. Índice de Shannon-Wiener y Simpson por sitio y temporada de muestreo para MIB.

La diversidad morfológica de algunos de los géneros de MIB encontrados se presenta en el Anexo 5.

3.- Índices bióticos de calidad de agua

Para evaluar la calidad del agua se utilizaron como bioindicadores a los MIB. Los resultados de los índices bióticos calculados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 4.- Resultados de índices bióticos de MIB utilizados. Donde ABI: Índice Biótico Andino (Ríos-Touma y col., 2014); BI: Hilsenhoff Biotic Index modificado, RBP III (Mandaville, 2002) y ChBMWP: Biological Monitoring Working Party para Chile (Figueroa y col., 2007).

	ABI	Calidad ABI	BI	Calidad BI	ChBMWP	Calidad ChBMWP
Primavera	73	Excelente-Buena	6,96	Bastante pobre, contaminación orgánica significativa	73	Bueno, moderadamente perturbado
Otoño	61	Excelente-Buena	6,94	Bastante pobre, contaminación orgánica significativa	62	Bueno, moderadamente perturbado

Los tres índices utilizados muestran respuestas diferentes entre sí, no obstante, ninguno refleja un cambio de categoría en la calidad de las aguas entre las campañas de muestreo (Tabla 4).

4.- Comparación con otros sistemas altiplánicos

Los resultados de la comparación de la diversidad acuática de la vertiente I del Salar de Carcote con el Salar de Ascotán y Huasco mediante el cálculo del coeficiente de similitud de Jaccard se presentan en la Tabla 5, en la cual se observan similitudes menores al 45% para ambos sistemas comparados.

Tabla 5.- Resultados del coeficiente de similitud de Jaccard entre los salares de Carcote y Ascotán; Carcote y Huasco de fitoplancton, zooplancton y MIB.

	Carcote		
	Fitoplancton	Zooplancton	MIB
Ascotán	0,35	0,25	-
Huasco	0,44	0,25	0,15

DISCUSIÓN

Las comunidades acuáticas del Salar de Carcote se han visto sometidas a grandes cambios geológicos y climáticos que han llevado a fragmentaciones sucesivas de su hábitat a lo largo de millones de años y aquellas que han logrado persistir, han debido adaptarse y sobrevivir dependiendo de pequeños cursos de agua de origen subterráneo aislados por amplias zonas desérticas, los que pueden ser considerados como refugios ecológicos y evolutivos (Davis y col., 2013) con un alto potencial para desarrollar endemismo. Por ello, aunque los lagos y ríos corresponden a los tipos de hábitats límnicos dominantes a nivel mundial, las vertientes y aquellos hábitats alimentados por vertientes son globalmente reconocidos como hotspots de biodiversidad que permiten la existencia de comunidades únicas de organismos acuáticos y en regiones áridas se han convertido en una fuente de agua superficial que persiste a lo largo del año, siendo esenciales para el desarrollo de la vida acuática (Bogan y col., 2014) así como también de otros organismos que lo requieran (Ibarguchi, 2014).

Variaciones Estacionales y gradiente ambiental

No existe una estructuración clara en cuanto al gradiente ambiental de salinidad, siendo el zooplancton el único grupo que responde a esta variación tanto en su abundancia como en su riqueza. No obstante, en Primavera existiría una mayor heterogeneidad ambiental reflejada en los amplios rangos de variación de la estructura comunitaria en los tres grupos estudiados contrastando con lo observado en Otoño, donde las lluvias estivales parecen haber promovido un efecto de homogenización y dilución visto en las

variables fisicoquímicas medidas afectando al pH y a la conductividad, que presentaron diferencias significativas entre campañas ($p < 0,05$) mostrando sus valores más bajos después de las lluvias. No así la temperatura y el oxígeno disuelto que se mantuvieron en rangos más estables por lo que su principal moderador sería el afloramiento de agua subterránea. Sin embargo, pese a que los análisis no mostraron diferencias significativas en los valores del oxígeno disuelto, luego de las lluvias mostró una distribución más uniforme a lo largo de la vertiente y en un rango más acotado y menor que en Primavera. Esta heterogeneidad presentada en el periodo pre lluvias, podría ser el motor de la generación de condiciones variadas o micro-hábitats a lo largo de la vertiente que permitirían el aumento de taxa menos abundantes, o incluso que no fueron encontrados en Otoño, lo que fue observado tanto en MIB como en fitoplancton.

La estructura comunitaria de los grupos planctónicos presentó asociaciones con el set de variables fisicoquímicas medidas (Figuras 8 y 9), dando relevancia a la temperatura y al oxígeno disuelto y en el caso del zooplancton, se observaron variaciones estacionales. Además, existió una retención de taxa superior al 65% entre las campañas de muestreo dominado por Bacillariophyta en el caso del fitoplancton, características de sistemas con alta salinidad y por Copépodos en el zooplancton. En cuanto a los MIB, los cambios observados podrían estar asociados más bien a otros factores tales como el ciclo de vida de los organismos que en su mayoría corresponde a un ciclo anual en el que habitan la matriz acuática sólo durante sus estadios tempranos luego de lo cual emigran hacia otra matriz, reflejando lo encontrado por otros autores como Alvial (2013) y Bogan (2014).

Los principales cambios en la estructura comunitaria de los tres grupos estudiados entre las campañas de muestreo se remitieron a la alternancia de algunos taxa (ver Anexo 1) y a cambios en la dominancia de los mismos. En el fitoplancton, los géneros *Denticula* y *Amphora* fueron dominantes en ambas campañas de muestreo teniendo representatividad en todos los puntos medidos. Los géneros menos representados en ambas campañas correspondieron a *Asterionella*, *Fragilaria*, *Oedogonium* y *Spirogyra*, este último encontrado mayoritariamente en condiciones no viables en Primavera, por lo que la mayoría no pudo ser considerado en los conteos. En tanto aquellos que se presentaron sólo en Primavera corresponden a *Aulacoseira*, Cladoforal, *Cymbella*, *Mougeotia*, *Terpsinoe* y *Ulotrix*, y sólo en Otoño a *Nitzschia* y *Zygnema*. Cabe destacar que debido a la metodología utilizada para la conservación y conteo de los organismos fitoplanctónicos existe un sesgo asociado a aquellos géneros sensibles a los que es más probable ver en una muestra en vivo debido a su alta sensibilidad a los reactivos utilizados para conservar o a la agitación a la que una muestra puede verse expuesta como lo es en el transporte o la homogeneización de la misma realizada antes de montar las columnas donde colonias o flagelos pueden perderse o dañarse.

En el zooplancton, el género *Diacyclops* fue el único representante de Copépodos que se encontró y su presencia fue registrada en ambas campañas siendo el género más abundante seguido del Anomópodo *Alonella*. Los Anomópodos *Euchlanis*, *Diacyclops*, *Alona* y *Alonella* se presentaron en ambas campañas mientras que el género *Chydorus* sólo fue encontrado en Otoño.

En MIB, El género *Heleobia* (Mollusca) fue dominante en ambas campañas de muestreo teniendo representatividad en todos los puntos medidos. Otros géneros que tuvieron alta

representatividad fueron *Hyalella* (Crustácea) y *Nais* (Annélida), mientras que en Otoño, los grupos más representados fueron *Heleobia*, *Nais* e *Hydrozetes* (Acari). Los taxa menos representados en ambas campañas corresponden a Ephydriidae (Arthropoda), *Pisidium* (Mollusca) y *Polypedilum* (Arthropoda), en tanto aquellos que se presentaron sólo en Primavera corresponden a *Arrenurus* (Arthropoda), *Cricotopus* (Arthropoda), *Ectemnostega* (Arthropoda), *Haementeria* (Arthropoda), *Helobdella* (Annelida), *Liodessus* (Arthropoda), *Orthocladinae* (Arthropoda), *Paratanytarsus* (Arthropoda) y *Protallagma* (Arthropoda); y sólo en Otoño a Oribatida (Arthropoda), *Rhionaeschna* (Arthropoda) y Trombidiforme (Arthropoda).

No obstante, cabe señalar que los afloramientos de agua en salares altiplánicos mantienen importantes niveles de fósforo y nitrógeno, cuyas especies químicas se van modificando a medida que avanzan en el sentido de las vertientes y podrían ser estos mejores indicadores que den cuenta de la distribución de las comunidades biológicas que las habitan (Márquez-García y col., 2009). Asimismo, otras condiciones locales como el contexto o la configuración espacial determinada por la heterogeneidad ambiental podrían estar dando cuenta de la composición de las comunidades acuáticas de la vertiente (Morán-Ordoñez y col., 2015).

Calidad de agua

Respecto a los índices bióticos utilizados, cabe mencionar que su desarrollo para Chile es escaso (Figuroa y col., 2007) y aún se atraviesa por una etapa de prueba de la efectividad de índices desarrollados para macroinvertebrados de otras regiones del planeta principalmente en zonas mediterráneas (Dallas, 2013) y tomando en cuenta el

alto grado de desconocimiento en relación a la ecología de estos organismos que habitan en zonas áridas (Alvial, 2013) se hace aún más difícil el desarrollo de índices para estas regiones del país. Por ello se recurrió a índices elaborados para otro tipo de sistemas como lo es el ChBMWP que fue desarrollado para un río mediterráneo de Chile o el IB para arroyos y ríos de Norteamérica, lo que deja a ABI como el único índice que afina los valores de tolerancia de familias a parámetros más relacionados con los sistemas de altura como lo es el Salar de Carcote (áreas andinas de Sudamérica sobre los 2.000 msnm) y que resultó ser el que atribuyó una mejor calidad de agua a la vertiente estudiada. Adicionalmente, para algunos organismos fue necesario subir niveles taxonómicos cuando no se encontró un valor de tolerancia para la especie o el género, en el caso del índice BI y recurrir al valor original de tolerancia de BMWP cuando no se encontró en ChBMWP o en ABI. Las especificaciones se encuentran en el Anexo 4. Sin embargo, es preciso señalar el sesgo asociado al uso del nivel de Familia en vez de género o especie ya que ha sido documentada una amplia variación en la tolerancia de especies dentro de un mismo género y de géneros dentro de una misma familia que ha sido problematizado por varios autores (Aguilera, 2014) y podría llevar a conclusiones erróneas acerca del estado de la calidad del agua de un sistema de interés.

Si bien los tres índices utilizados corresponden a índices de calidad de agua por medio de la utilización de MIB, presentaron distintos resultados entre sí y, además, ninguno de ellos arrojó que existen cambios en la calidad del agua antes y después de las lluvias estivales.

Similitud con los salares de Huasco y Ascotán

Tanto Huasco como Ascotán fueron elegidos por su cercanía al Salar de Carcote y por la disponibilidad de datos en los tres grupos contemplados, pese a ello, no fue posible encontrar información acerca de los MIB del sistema de vertientes del Salar de Ascotán, lo que nuevamente refleja el grado de desconocimiento acerca de la composición de la biota acuática de los Salares altiplánicos. Los sistemas de vertientes del Salar de Huasco están rodeados por abundante vegetación azonal dominada por cojines de *Oxychloe andina*, así como también macrófitas dominadas por *Potamogeton*, asimismo, en el Salar de Ascotán, las vertientes están rodeadas de vegetación y abundantes macrófitas dominadas por *Ruppia* (Martínez, 2007). Este escenario se contrapone con las características del Salar de Carcote, donde la vegetación es escasa, se limita al borde de la vertiente y las características hidrodinámicas le atribuyen una característica más fluvial (Keller & Soto, 1998) lo que podría afectar en la entrada de materiales al sistema y los procesos fisicoquímicos que ocurren a lo largo de las vertientes teniendo incidencia en las comunidades que las habitan. Este hecho cobra relevancia si se toma en cuenta el bajo porcentaje de similitud que presentaron según el índice utilizado lo que resalta la particularidad de estos sistemas como poseedores de condiciones únicas que han permitido el desarrollo de comunidades especializadas a lo largo de cientos de años de evolución (Dejoux & Illitis, 1991).

Los cambios estacionales, al parecer, serían componentes predecibles en los sistemas áridos lo que ha hecho que muchos de los organismos que aquí habitan presenten adaptaciones a estos cambios y no se observen mayores diferencias entre periodos pre

y post lluvias, sin embargo, nuevas variaciones traídas con el impacto de intervenciones antrópicas o del cambio climático podrían causar un efecto de dimensiones insospechadas al intensificarse las condiciones extremas a las que están expuestos (IPCC, 2014), escenario que algunos autores han puesto a prueba haciendo referencia a la redundancia funcional y la resistencia biótica que presentarían los organismos logrando persistir en ambientes con niveles más altos de estrés ambiental (Boersma y col., 2014) y que sin duda sería de gran utilidad testear bajo las variables que caracterizan a la región altiplánica.

Estudios sobre la biota de estos sistemas altiplánicos debieran ser promovidos para lograr un conocimiento no sólo de su dimensión composicional, sino que escalar hacia otras dimensiones de la biodiversidad como aspectos de la historia de vida de los organismos, la configuración espacial de las comunidades, su funcionalidad y las interacciones que se generan tanto con el medio biótico como con el medio abiótico avanzando en la comprensión de la respuesta que puedan generar ante cambios en los regímenes que la sostienen. Mejorar el entendimiento de estos sistemas es clave para la generación de propuestas a considerar en la toma de decisiones en cuanto al manejo y/o protección de sistemas altiplánicos.

CONCLUSIONES

Las lluvias estivales solo habrían producido cambios en las variables pH y conductividad sin afectar a la temperatura y al oxígeno disuelto.

La respuesta biológica asociada a la estacionalidad es discreta y se remite principalmente a la alternancia de algunos grupos taxonómicos.

Sólo el zooplancton se vio condicionado por el gradiente de salinidad estacional y se destaca la heterogeneidad ambiental como un factor a considerar en futuras prospecciones.

La calidad del agua determinada por los índices bióticos no varió entre campañas de muestreo, resaltando la diferencia que presentó el Índice Biótico Andino, ABI, diseñado para sistemas de altura, con los otros índices utilizados.

Se observó una similitud menor al 45% de biodiversidad comparado con los salares de Huasco y Ascotán, por lo que se concluye que los tres salares poseen una biota acuática singular dada por sus características particulares.

La integración de estos resultados y nueva información tanto para Carcote como para otros salares permitirían generar una base de información para impulsar propuestas de manejo y/o protección de la biodiversidad de sistemas acuáticos en ambientes áridos ante un escenario de amenaza por los efectos del cambio climático y la alta demanda de agua en la zona.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA, K. 2014. Implicancias de la utilización de distintos niveles taxonómicos en la bioindicación con macroinvertebrados bentónicos. Tesis conducente al grado de Magister en Ciencias Biológicas. Escuela de Postgrado. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

AGROMET. 2016. Red meteorológica del INIA. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Disponible en línea en: <http://agromet.inia.cl/estaciones.php>. Accesado [20/10/2016]

AHUMADA, M. & FAÚNDEZ, L. 2009. Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile. 118 pp.

ALVEAL, K.; FERRARIO, M.E.; OLIVEIRA, E.C. & SAR, E. 1995. Manual de métodos ficológicos. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 863pp.

ALVIAL, I.; ORTH, K.; DURÁN, B.C.; ÁLVAREZ, E. & SQUEO, F.A. 2013. Importance of geochemical factors in determining distribution patterns of aquatic invertebrates in mountain streams south of the Atacama Desert, Chile. *Hydrobiología* 709: 11-25.

ARAYA, J.M. & ZÚÑIGA, L.R. 1985. Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. *Boletín informativo limnológico*, n°8. Chile. 110pp.

ARGOLLO, J. & MOURGUIART, P. 2000. Late Quaternary climate history of the Bolivian Altiplano. *Quaternary International* 72: 37-51.

ARMITAGE, P.D.; MOSS, D.; WRIGHT, J.F. & FURSE, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* 17: 333-347.

BLARD, P.H.; LAVÉ, J.; FARLEY, K.A.; FORNARI, M.; JIMÉNEZ, N. & RAMÍREZ, V. 2009. Late local glacial maximum in the Central Altiplano triggered by cold and locally-wet conditions during the paleolake Tauca episode (17-15 ka, Heinrich 1). *Quaternary Science Reviews* 28: 3414-3427.

BOERSMA, K.S.; BOGAN, M.T.; HENRICHS, B.A. & LYTLE, D.A. 2014. Invertebrate assemblages of pools in arid-land streams have high functional redundancy and are resistant to severe drying. *Freshwater Biology* 59: 491-501.

BOGAN, M.T.; NORIEGA-FELIX, N.; VIDAL-AGUILAR, S.L.; FINDLEY, L.T.; LYTLE, D.A.; GUTIERREZ-RUACHO, O.G.; ALVARADO-CASTRO, J.A. & VARELA-ROMERO, A. 2014. Biogeography and conservation of aquatic fauna in spring-fed tropical canyons of the southern Sonoran Desert, México. *Biodiversity and Conservation* 23: 2705-2748.

BORCARD, D.; GILLET, F. & LEGENDRE, P. 2011. *Numerical ecology with R*. Springer. New York, Estados Unidos. 306pp.

COLLADO, G.; VALLADARES M. & MÉNDEZ M. 2016. A new species of *Heleobia* (Caenogastrópoda:Cochliopidae) from the Chilean Altiplano. *Zootaxa* 4137: 277-280

CONDOM, T.; COUDRAIN, A.; DEZETTER, A.; BRUNSTEIN, D.; DELCLAUX, F. & SICART, J.E. 2004. Transient modelling of lacustrine regressions: two case studies from the Andean Altiplano. *Hydrological processes* 18: 2395-2408.

DALLAS, F.E. 2013. Ecological status assessment in mediterranean rivers: complexities and challenges in developing tools for assessing ecological status and defining reference conditions. *Hydrobiología* 719: 483-507.

DAVIS, J.; PAVLOVA, A.; THOMSON, R. & SUNNUCKS, P. 2013. Evolutionary refugia and ecological refuges: key concepts for conserving Australian arid zone freshwater biodiversity under climate change. *Global Change Biology* 19: 1970-1984.

DEJOUX, C. & ILTIS A.(eds). 1991. El lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual. Talleres gráficos Hisbol. La Paz, Bolivia. 584pp.

DE LA FUENTE, A. & MERUANE, C. 2016. Investigación en el Salar del Huasco, entendiendo los procesos fundamentales que mantienen los Salares y que explican la vida en torno a estos ecosistemas altiplánicos. Proyecto FONDECYT regular 1140821, 2014-2017. Departamento de ingeniería civil. Universidad de Chile. 39pp.

DÍAZ, C. & MAIDANA, N.I. 2005. Diatomeas de los salares de Atacama y Punta Negra, II Región, Chile. Servicio de Impresión Laser SA. Santiago, Chile. 148pp.

DOMÍNGUEZ, E. & FERNÁNDEZ, H.R. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 656 pp.

EDMONSON, W.T. 1966. Fresh water biology, 2ª edición. John Wiley & Sons INC. New York, Estados Unidos. 1248pp.

ELOSEGUI, A. & SABATER, S. 2009. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA. España. 444pp.

FIGUEROA, R.; PALMA, A.; RUIZ, V. & NIELL, X. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 225-242.

GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L.S. & EATON, A.D. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18° edition. American Public Health Association. Washington D.C., Estados Unidos. 1100pp.

HOKE, G.D.; ISACKS, B.L.; JORDAN, T.E.; BLANCO, N.; TOMLINSON, A.J. & RAMEZANI, J. 2007. Geomorphic evidence for post-10 Ma uplift of the western flank of the central Andes 18°30'- 22°S. *Tectonics* 26, TC5021: 1-17.

IBARGUCHI, G. 2014. From Southern Cone arid lands, across Atacama, to the Altiplano: biodiversity and conservation at the ends of the world. *Biodiversity* 15: 255-264.

IPCC (2014) Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.

ISACKS, B.L. 1988. Uplift of the Central Andean Plateau and Bending of the Bolivian Oroclin. *Journal of Geophysical Research* 93: 3211-3231.

KELLER, B. & SOTO, D. 1998. Hydrogeologic influences on the preservation of *Orestias ascotanensis* (Teleostei: Cyprinodontidae) in Salar de Ascotán, northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 147-156.

LAGOMARSINO, C. 2015. Diversidad fitoplanctónica y zooplanctónica estacional en un gradiente de concentración de sales de un Sistema vertiente-bofedal-salar. Salar de Ascotán, II Región, Chile. Seminario de título conducente al grado de Química Ambiental. Escuela de Pregrado, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

LEGENDRE, P. & GALHAGER, E.D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecología* 129: 271-280.

LOPRETTO, E. & TELL, G. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur. La Plata, Argentina.

LUEBERT, F. & PLISCOFF, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 316pp.

MANDAVILLE, S.M. 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax. 128pp.

MÁRQUEZ-GARCÍA, M.; VILA, I.; HINOJOSA, L.F.; MÉNDEZ, M.A.; CARVAJAL, J.L. & SABANDO, M.C. 2009. Distribution and seasonal fluctuations in the aquatic biodiversity of the southern Altiplano. *Limnologica* 39: 314-318.

MARQUET, P.A.; BOZINOVIC, F.; BRADSHAW, G.A.; CORNELIUS, C.; GONZALEZ, H.; GUTIERREZ, J.R.; HAJEK, E.R.; LAGOS, J.E.; LOPEZ-CORTES, F.; NUÑEZ, L.; ROSELLO, E.F.; SANTORO, C.; SAMANIEGO, H.; STANDEN, V.G.; TORRES-MURA, J. & JAKSIC, F.M. 1998. Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 593-617.

MARTÍNEZ, G. 2007. Asociación funcional intersistémica mediada por un ecosistema transformador de materiales. Tesis conducente al grado de Doctor en Ciencias con mención en Ecología y Biología Evolutiva. Escuela de Postgrado. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

MOLINA, X. & VILA, I. 2006. Manual de evaluación de Calidad del Agua. Centro Nacional de medio ambiente. Laboratorio de Limnología, Universidad de Chile. Fondo de

mejoramiento del Patrimonio Sanitario, Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 93pp.

MONTTI, S. & HENRÍQUEZ, H. 1970. Interpretación hidrogeológica de la génesis de salares y lagunas del altiplano chileno. Segundo congreso geológico chileno. Arica. G69-G81.

MORÁN-ORDÓÑEZ, A.; PAVLOVA, A.; PINDER, A.M.; SIM, L.; SUNNUCKS, P.; THOMPSON, R.M. & DAVIS, J. 2015. Aquatic communities in arid landscapes: local conditions, dispersal traits and landscape configuration determine local biodiversity. *Diversity and Distributions* 21: 1230-1241.

MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T- Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, España. 84 pp.

MUÑOZ, N. & CHARRIER, N. 1996. Uplift of the western border of the Altiplano on a west-vergent thrust system, Northern Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 9: 171-181.

NOSS, R.F. 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.

OLIVIER, S.R. 1965. Rotíferos planctónicos de Argentina con claves de las principales especies, datos biológicos y distribución geográfica. *Revista del museo de La Plata (nueva serie). Zoología* n°63, tomo VIII. La Plata, Argentina. 260pp.

PARRA, O.; GONZÁLEZ, M.; DELLAROSSA V.; RIVERA, P. & ORELLANA, M. 1983. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

PARRA, O. & BICUDO, E.M. 1996. Introducción a la biología y a la sistemática de las algas de aguas continentales. Gráfica Andes Ltda. Santiago, Chile. 268pp.

PENNAK, R.W. 1953. Fresh water invertebrates of the United States. The Ronald press Company. New York, Estados Unidos. 769pp.

PLACZEK, C.; QUADE, J. & PATCHETT, P.J. 2006. Geochronology and stratigraphy of late Pleistocene lake cycles on the southern Bolivian Altiplano: Implications for causes of tropical climate change. GSA Bulletin 118: 515-532.

PRAT, N. & RIERADEVALL, M. 2011. Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los Ríos Altoandinos de Ecuador y Perú. Clave para la determinación de géneros. Grupo de Investigación F.E.M. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. España.

R CORE TEAM, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponible en: <http://www.R-project.org/>.

RÍOS-TOUMA, B.; ACOSTA, R. & PRAT, N. 2014. The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. Revista de Biología Tropical 62: 249-273.

RISACHER, F.; ALONSO, H. & SALAZAR, C. 2003. The origin of brines and salts in Chilean salars: a hydrochemical view. Earth Science Reviews 63: 249-293.

RIVEROS, J.; VILA, I. & MÉNDEZ, M. 2012. Nicho trófico de *Orestias agassii* (Cuvier & Valenciennes, 1846) del sistema de arroyos del salar de Huasco (20°05'S; 68°15'W). Gayana 76: 79-91.

SCOTT, S.; DORADOR, C.; OYANEDEL, J.P.; TOBAR, I.; HENGST, M.; MAYA, G.; HARROD, C. & VILA, I. 2015. Microbial diversity and trophic components of two high altitude wetlands of the Chilean Altiplano. *Gayana* 79: 45-56.

SMITH, G.M. 1950. *The fresh-water algae of the United States*, 2^o edition. McGraw-Hill Book Company, INC. New York, Estados Unidos. 719pp.

UTERMÖHL, H. 1958. Neue wege in der quantitativen erfassung des plankton (mit besonderer Berücksichtigung des Ultraplanktons). *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 5: 567-596.

VILA I.; SCOTT S.; MÉNDEZ M.; VALENZUELA F.; ITURRA P. & POULIN E. 2011. *Orestias gloriae*, a new species of Cyprinodontidae fish from salt pan spring of the southern high Andes (Teleostei: Cyprinodontidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 4: 345-353.

VILA, I.; MORALES, P.; SCOTT, S.; POULIN, E.; VÉLIZ, D.; HARROD, C. & MÉNDEZ, M. 2013. Phylogenetic and phylogeographic analysis of the genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) in the southern Chilean Altiplano: the relevance of ancient and recent divergence processes in speciation. *Journal of Fish Biology* 82: 927-943.

WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.

ANEXO 1

Tabla 1'. - Presencia (x) y ausencia (-) de los taxa encontrados para fitoplancton, zooplancton y MIB en las campañas de muestreo.

Grupo		Otoño	Prima vera	Grupo		Otoño	Prima vera
Fito planc ton	<i>Achnantheidium</i>	x	x	MIB	<i>Arrenurus</i>	-	x
	<i>Amphora</i>	x	x		<i>Austrelmis</i>	x	x
	<i>Asterionella</i>	x	x		<i>Biomphalaria cf. costata</i>	x	x
	<i>Aulacoseira</i>	-	x		<i>Cricotopus</i>	-	x
	<i>Cocconeis</i>	x	x		Dugesidae sp1	x	x
	Cladoforal	-	x		<i>Ectemnostega</i>	-	x
	<i>Cymbella</i>	-	x		<i>Ephydriidae</i>	x	x
	<i>Denticula</i>	x	x		<i>Haementeria</i>	-	x
	<i>Fragilaria</i>	x	x		<i>Heleobia cf. carcotensis</i>	x	x
	<i>Gomphonema</i>	x	x		<i>Helobdella</i>	-	x
	<i>Mougeotia</i>	-	x		<i>Hyalella cf. kochi</i>	x	x
	<i>Navicula</i>	x	x		<i>Hydrozetes</i>	x	x
	<i>Nitzschia</i>	x	-		<i>Liodessus</i>	-	x
	<i>Oedogonium</i>	x	x		<i>Nais cf. communis</i>	x	x
	<i>Pinnularia</i>	x	-		<i>Orthocladiinae</i>	-	x
	<i>Pseudostaurosira</i>	-	x		Oribatida sp1	x	-
	<i>Spirogyra</i>	x	x		Oribatida sp2	x	-
	<i>Synedra</i>	x	x		Ostracoda	x	x
	<i>Terpsinoe</i>	-	x		<i>Oxyethira</i>	x	x
	<i>Ulotrix</i>	-	x		<i>Paratanytarsus</i>	-	x
<i>Zygnema</i>	x	-	<i>Pisidium</i>	x	x		
Zoo planc ton	<i>Alonella</i> sp1	x	x	<i>Polypedilum</i>	x	x	
	<i>Alonella</i> sp2	x	x	<i>Protallagma</i>	-	x	
	<i>Alona</i>	x	x	<i>Rhionaeschna</i>	x	-	
	<i>Chydorus</i>	x	-	Trombidiforme	x	-	
	<i>Diacyclops</i>	x	x				
	<i>Euchlanis</i>	x	x				

ANEXO 2

Tabla 2'. - Abundancia aproximada de los taxa encontrados para fitoplancton por sitio y campaña de muestreo.

Género	Primavera						Otoño					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
<i>Achnanthidium</i> spp	5204	0	434133	1487	0	248	20319	12782	30664	13133	1677	11151
<i>Amphora</i> spp	18089	743	1129936	12390	15611	13629	23045	17491	26638	28744	36051	22797
<i>Asterionella</i> spp	0	1982	0	0	1487	1735	0	0	0	0	0	248
<i>Aulacoseira</i> spp	0	0	0	0	0	248	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis</i> spp	496	0	11894	3965	8177	4708	496	65592	9912	3965	8384	1735
Cladoforal spp	0	0	5947	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella</i> spp	0	248	0	1735	3469	4460	0	0	0	0	0	0
<i>Denticula</i> spp	25770	21558	755273	43116	27753	26018	28744	47092	54514	38160	55893	37912
<i>Fragilaria</i> spp	0	0	0	0	743	0	0	0	0	0	1677	0
<i>Gomphonema</i> spp	5204	0	172464	4460	0	1239	0	27582	23231	1735	1397	1735
<i>Mougeotia</i> spp	0	0	23788	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> spp	2478	8921	65417	4708	12142	7682	1487	50119	61948	6195	7825	2974
<i>Nitzschia</i> spp	0	0	0	0	0	0	496	0	0	0	0	0
<i>Oedogonium</i> spp	0	0	17841	0	0	0	0	0	0	248	0	0
<i>Pinnularia</i> spp	0	0	0	0	0	0	2478	4036	1239	496	0	0
<i>Pseudostaurosira</i> spp	0	0	30330	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirogyra</i> spp	0	0	5947	0	0	0	0	336	0	0	0	0
<i>Synedra</i> spp	248	248	11894	496	1487	248	248	3364	310	1735	2795	743
<i>Terpsinoe</i> sp	0	0	23788	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ulotrix</i> spp	0	0	5947	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zygnema</i> spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248
Total, Primavera	3262194											
Total, Otoño	803812											

Tabla 3'. - Abundancia de los taxa encontrados para zooplancton por sitio y campaña de muestreo.

Género	Primavera						Otoño					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
<i>Alonella</i> sp1	0	0.023	0.141	0.017	0.038	0	0	0	0	0.017	0	0.035
<i>Alonella</i> sp2	0	0	0.057	0	0	0	0.017	0.023	0.028	0.017	0.019	0.018
<i>Alona</i> sp	0	0	0.057	0	0	0	0	0	0	0	0	0.018
<i>Chydorus</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.075	0
<i>Diacyclops</i> sp	0	6.412	1.216	0.017	0	0	1	0.301	12.930	0.362	0.302	0.632
<i>Euchlanis</i> sp	0	0.116	0	0	0	0	0.017	0	0.198	0.035	0	0.035
Total, Primavera	8.09											
Total, Otoño	16.25											

Tabla 4'. - Abundancia aproximada de los taxa encontrados para macroinvertebrados bentónicos por sitio y campaña de muestreo.

Género	Primavera						Otoño					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
<i>Arrenurus</i> sp	0	0	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Austrelmis</i> sp	89	622	0	0	0	22	111	22	0	0	0	0
<i>Biomphalaria costata</i>	11	200	22	33	0	22	0	144	44	322	78	256
<i>Cricotopus</i> 1	0	0	0	22	11	11	0	0	0	0	0	0
DugesIIDae	0	878	0	0	0	11	0	22	0	22	133	122
<i>Ectemnostega</i> sp	0	0	56	22	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephyridae</i> sp	0	33	0	22	0	0	0	0	0	0	22	0
<i>Haementeria</i> sp	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heleobia</i> cf. <i>Carcotensis</i>	300	16700	22	1444	5200	14033	289	1533	2622	2556	9644	7256
<i>Helobdella</i> sp	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
<i>Hyalrella</i> cf. <i>kochi</i>	11	3322	22	33	322	567	11	56	0	56	489	822
<i>Hydrozetes</i> sp	78	2622	0	0	44	122	33	578	33	67	1867	356
<i>Liodessus</i> sp	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais</i> cf. <i>Communis</i>	111	1689	0	33	67	78	144	622	11	2167	33	433
<i>Orthocladinae</i> sp	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oribatida sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0
Oribatida sp2	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	11
Ostracoda	0	89	144	1633	33	0	0	67	0	11	189	67
<i>Oxyethira</i> sp	0	289	0	0	22	122	0	22	0	33	22	611
<i>Paratanytarsus</i> sp	0	300	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0

<i>Pisidium</i> sp	0	0	0	67	0	22	0	0	0	0	44	0
<i>Polypedilum</i> sp	0	0	0	0	0	11	11	0	0	0	0	0
<i>Protallagma</i> sp	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhionaeschna</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Trombidiforme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Total, Primavera	51800											
Total, Otoño	34144											

ANEXO 3

Tabla 5'. - Sistemática de taxa fitoplanctónicos encontrados.

Phylum	Subphylum	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familia	Género	
Bacillariophyta	Bacillariophytina	Bacillariophyceae	Bacillariophycidae	Cocconeidales	-	Achnanthesiaceae	<i>Achnanthes</i>	
						Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	
						Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	
				Cymbellales	-	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	
						Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	
						Denticula	<i>Denticula</i>	
			Bacillariales	-	Bacillariaceae	Nitzschia	<i>Nitzschia</i>	
						Pseudostaurasira	<i>Pseudostaurasira</i>	
						Fragilaria	<i>Fragilaria</i>	
		Fragilariophycidae	-	Fragilariaceae	Synedra	<i>Synedra</i>		
					Asterionella	<i>Asterionella</i>		
					Tabellariales	-	Tabellariaceae	<i>Asterionella</i>
	Anaulales				-	Anaulaceae	<i>Terpsinoe</i>	
Mediophyceae	-	-	Thalassiosiphales	-	Catenulaceae	<i>Amphora</i>		
			Naviculales	Naviculineae	-	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	
				Sellaphorineae	-	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	
			Aulacoseirales	-	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i>		
Coccinodiscophytina	Coccinodiscophyceae	-	Aulacoseirales	-	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i>		
			Chlorophyceae	-	Oedogoniales	-	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>
Chlorophyta	Chlorophytina	-	-	Cladophorales	-	-	<i>Cladofora</i> sp.	
				Ulvophyceae	-	-	-	<i>Ulothrix</i>
				Ulotrichales	-	Ulotrichaceae	-	<i>Ulothrix</i>
Charophyta	-	Conjugatophyceae	-	Zygnematales	-	Zygnemataceae	<i>Zygnema</i> <i>Spirogyra</i>	

Tabla 6'. - Sistemática de taxa zooplanctónicos encontrados.

Phylum	Subphylum	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Infraorden	Familia	Género
Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	-	Diplostraca	Cladocera	Anomopoda	Chydoridae	<i>Alonella</i>
								<i>Alona</i>
		<i>Chydorus</i>						
		Maxillopoda	Copepoda	Cyclopoida	-	-	Ciclopidae	<i>Diacyclops</i>
Rotifera	-	Monogonota	-	Ploima	-	-	Brachionidae	<i>Euchlanis</i>

Tabla 7'. - Sistemática de taxa de MIB encontrados.

Phylum	Subphylum	Superclase	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familia	Subfamilia	Género			
Arthropoda	-	Hexapoda	Insecta	Neoptera	Coleoptera	Polyphaga	Elmidae	Elminae	<i>Austrelmis</i>			
						Adephaga	Dytiscidae	Hydroporinae	<i>Liodessus</i>			
						Brachycera	Ephydriidae	-	Ephydriidae 1			
					Diptera	Nematocera	Chironomidae	Chironominae	Paratanytarsus	<i>Paratanytarsus</i>		
									Orthoclaadiinae	<i>Orthoclaadiinae</i>		
									Polypedium	<i>Polypedium</i>		
				Cricotopus	<i>Cricotopus</i>							
				Hemiptera	Heteroptera	Corixidae	-	<i>Ectemnostega</i>				
				Trichoptera	Integripalpia	Hydroptilidae	Hydroptilinae	<i>Oxyethira</i>				
				Palaeoptera	Odonata	Zygoptera	Coenagrionidae	-	<i>Protallagma</i>			
						Anisoptera	Aeshnidae	-	<i>Rhionaeschna</i>			
						Senticaudata	Hyalellidae	-	<i>Hyalella</i>			
	Crustacea	-	-	Malacostraca	Eumalacostraca	Amphipoda	-	-	Ostracoda	<i>Ostracoda</i>		
				Ostracoda	-	-	-	-	-	Ostracoda	<i>Ostracoda</i>	
				Chelicerata	-	Arachnida	Acari	Oribatida	Brachypylina	Hydrozetidae	-	<i>Hydrozetes</i>
									-	-	-	Oribatida 1
									-	-	-	Oribatida 2
				Prostigmata	Arrenuridae	-	<i>Arrenurus</i>					
-	-	-	-	Trombidiforme 1								
Annelida	-	-	-	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificina	Tubificidae	Naidinae	<i>Nais</i>			
			Hirudinida	Hirudinea	Rhynchobdellida	-	Glossiphoniidae	-	<i>Haementeria</i> <i>Helobdella</i>			
Mollusca	-	-	Gastropoda	-	-	-	-	-	Planorbidae	-	<i>Biomphalaria</i>	
									Cochliopidae	-	<i>Heleobia</i>	
									Bivalvia	-	Veneroidea	-
Platyhelminthes	-	-	Turbellaria	-	Tricladida	Continenticola	Dugesidae	-	<i>Dugesidae</i> 1			

ANEXO 4

Tabla 8'. – Valores de tolerancia para los índices de calidad de agua utilizados. Donde ABI: Índice Biótico Andino (Ríos-Touma y col., 2014); BI: Hilsenhoff Biotic Index modificado, RBP III (Mandaville, 2002) y ChBMWP: Biological Monitoring Working Party para Chile (Figuroa y col., 2007). Se indica entre paréntesis cuando se utilizó un grupo distinto al de familia. En el caso del índice BI, (f) se refiere a que se utilizó el valor de tolerancia a nivel de familia, (g) a nivel de género y (sp) a nivel de especie. En el caso de ChBMWP se indica con “*” cuando se utilizó el valor original de tolerancia para la familia disponible en Armitage y col. (1983).

Familia	CHBMWP (Figuroa y col., 2007)	ABI (Ríos-Touma y col., 2014)	BI (Mandaville, 2002)
Aeshnidae	6	6	3 (f)
Acari ¹	4	4	6
Chironomidae (<i>Cricotopus</i>)	2	2	7 (g)
Chironomidae (<i>Orthocladiinae</i>)	2	2	5 (g)
Chironomidae (<i>Paratanytarsus</i>)	2	2	6 (g)
Chironomidae (<i>Polypedilum</i>)	2	2	6 (g)
Coenagrionidae	7	6	9 (f)
Corixidae	3	5	5 (f)
Turbellaria ¹	5	5	4
Dytiscidae	3	3	5 (f)
Elmidae	6	5	4 (f)
Ephydriidae	2	2	6 (f)
Glossiphoniidae (<i>Haementeria</i>)	3*	3 (Hirudinea)	8 (Hirudinea)
Glossiphoniidae (<i>Helobdella</i>)	3*	3 (Hirudinea)	6 (g)
Cochliopidae ²	3*	3	7
Hyaellidae	6	6	8 (<i>Hyaella azteca</i>)
Hydroptilidae (<i>Oxyethira</i>)	6	6	3 (g)

Hydrozetidae	4 (Acari)	4 (Hydracarina)	6 (<i>Arrenurus</i>)
Ostracoda ¹	3	3	8
Planorbidae	3	3	7 (f)
Sphaeriidae	3	3	6 (g)
Tubificidae	1 (Oligochaeta)	1 (Oligochaeta)	8 (sp)

¹ Se utilizó el valor de tolerancia del grupo completo

² Se utilizó Hydrobiidae por la no disponibilidad de datos para Cochliopidae

ANEXO 5

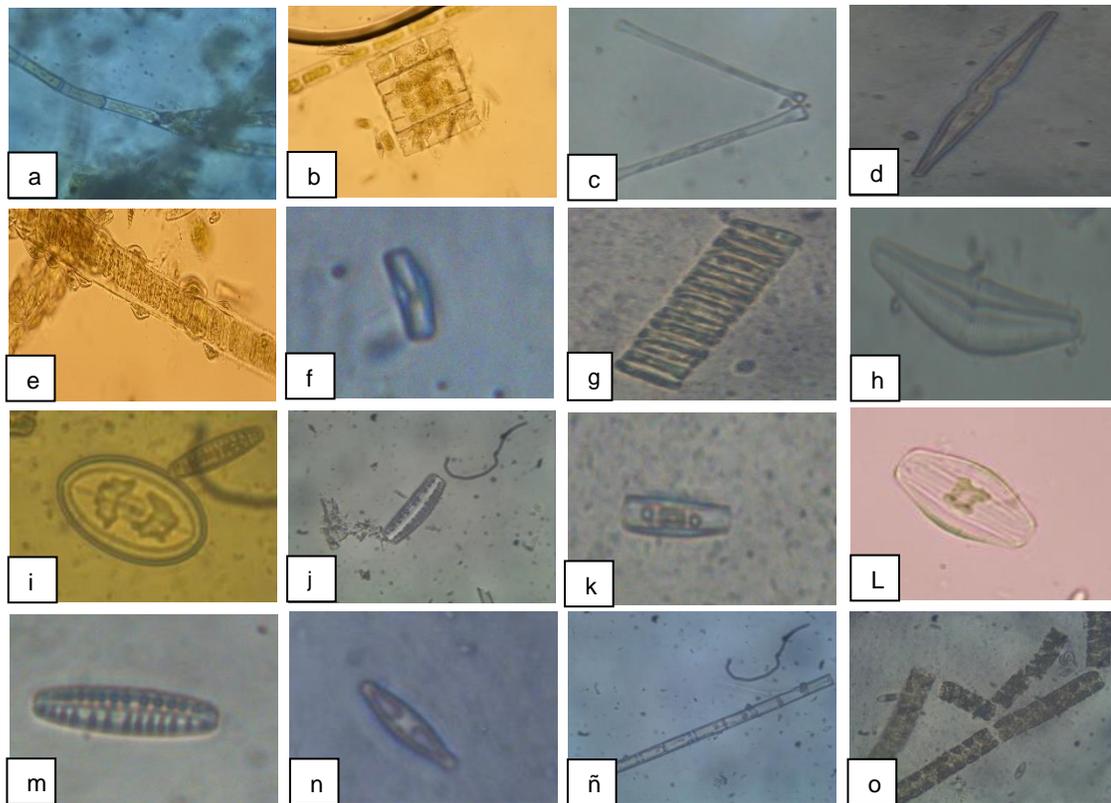


Figura 1'. -Diversidad de algunos de los taxa fitoplanctónicos identificados. a: *Oedogonium*, b: *Terpsinoe*, c: *Asterionella*, d: *Synedra*, e: *Ulotrix*, f: *Achnanthydium*, g: *Pseudostaurosira*, h: *Cymbella*, i: *Cocconeis*, j: *Denticula*, k: *Gomphonema*, L: *Amphora*, m: *Denticula*, n: *Navicula*, ñ: *Aulacoseira*, o: *Spirogyra*.



Figura 2'. -Diversidad de algunos de los taxa zooplanctónicos identificados. a: *Alonella* sp1, b: *Alonella* sp2, c: *Chydorus*, d: *Alona*, e: *Diacyclops*.

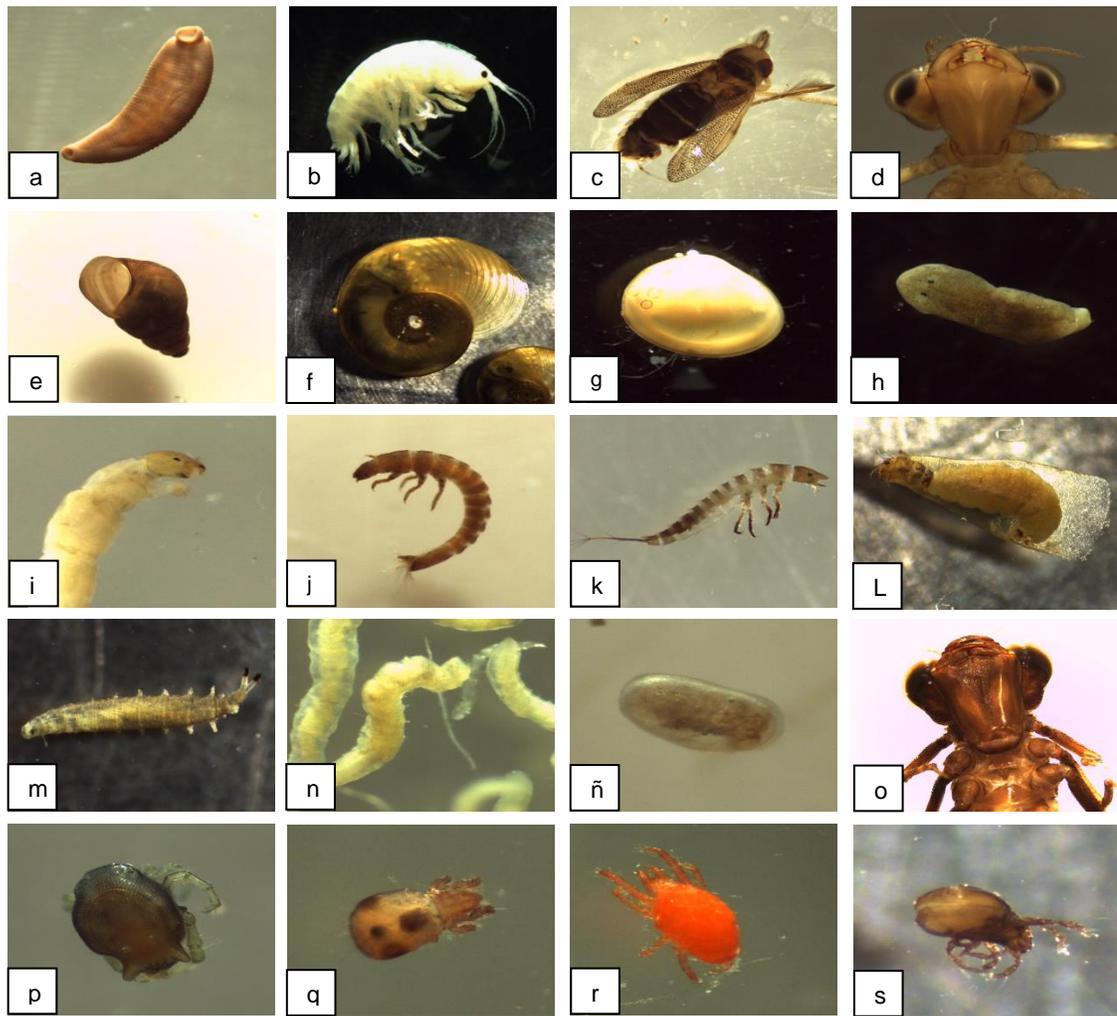


Figura 3'. -Diversidad de algunos de los taxa de MIB identificados. a: Hirudinea, b: *Hyaella*, c: *Ectemnostega*, d: *Protallagma*, e: *Heleobia*, f: *Biomphalaria*, g: *Pisidium*, h: Dugesiidae, i: *Cricotopus*, j: *Austrelmis*, k: *Liodessus*, L: *Oxyethira*, m: Ephyridae, n: *Nais*, ñ: Ostracoda, o: *Rhionaeschna*, p: *Arrenurus*, q: Oribatida, r: Trombidiforme, s: *Hydrozetes*.